

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



TESIS DOCTORAL

**MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN
EXPLOTACIÓN, ORIENTADO A LA MEJORA DE LA
FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN
TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO**

AUTOR:

F. JAVIER CÁRCEL CARRASCO

DIRECTOR: Prof. Dr. Carlos Roldán Porta,
(Catedrático de Universidad)

Valencia, Julio 2012



DEDICATORIAS

RESUMEN

INDICE

ANEXOS

Capítulo VI

Capítulo V

Capítulo IV

Capítulo III

Capítulo II

Capítulo I



Dedicatorias y Agradecimientos

Al Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia, y en concreto al profesor Dr. Angel Perez-Navarro por todo el apoyo prestado.

Al presidente y al director general de la empresa Martinez Loriente S.A. D.Francisco Martínez y D. Francisco Garrigues, y especialmente a su director de ingeniería y mantenimiento D. José Grau Carrión, por su compromiso con la investigación, la mejora y la innovación, y que ha sido base experimental fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Al Profesor Dr. Carlos Roldán Porta, por todas sus aportaciones, colaboración, enseñanza y ánimos.

A mi madre (Clemen) y a mi padre (Basilio), mis queridos hermanos y sus mujeres.

De manera muy especial a Fini y a mis hijos Javier y Carlos, por todo su cariño y comprensión durante el tiempo invertido en la realización de esta investigación, ellos son mi mayor patrimonio y orgullo.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

RESUMEN

DEDICATORIAS



DEDICATORIAS
RESUMEN
INDICE
ANEXOS
Capítulo VII
Capítulo VI
Capítulo V
Capítulo IV
Capítulo III
Capítulo II
Capítulo I



Resumen

MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO.

En la actualidad, las empresas que utilizan edificios, instalaciones, máquinas, equipos, etc., para la generación de bienes o servicios, tienen la necesidad de que estos activos se encuentren con la mayor disponibilidad posible al mínimo costo, planteando una mayor durabilidad de dichos activos, así como los mínimos costes operativos. Por ello la conservación de los equipos de producción o para un determinado servicio a prestar es una apuesta clave para la productividad de las empresas, así como para la calidad de los productos o servicios prestados. Todo esto redundará en un proceso para mejorar su competitividad, indispensable para hacer frente a la creciente competencia, la evolución al alza de los costes y unos modelos de gestión demasiado tradicionales.

El conocimiento no es uno más de los factores de producción. Se ha convertido en el principal factor para la ventaja competitiva de las organizaciones del siglo XXI. Aunque la gestión del conocimiento es, y ha sido estudiado en profundidad a partir de la década de los 90 del siglo pasado, especialmente, para la gestión estratégica, innovación, comercio, o administración de las empresas, todavía quedan muchos interrogantes en cómo se articula, se transfiere y las barreras para su gestión, sobre todo cuando hablamos de las actividades tácticas internas en las que afectan a personal que podemos llamar de “oficios”, tales como el mantenimiento y montajes industriales o explotación y conducción de las instalaciones.

Por las peculiaridades propias que se dan normalmente en este tipo de actividad fundamental de la empresa, el conocimiento de estos operarios está fuertemente basado en su experiencia (fuerte componente tácito), difícil de medir y articular, y sin embargo, en numerosas ocasiones, esta rotura de la información-conocimiento, puede suponer un alto coste para la empresa, muchas veces asumido como algo que afrontar, debido al incremento de tiempos de parada de producción y servicios, pérdidas de eficiencia energética, o tiempo de acoplamiento de nuevo personal a estas áreas.

Aunque a partir de los años 60 del pasado siglo, comenzó a imponerse la investigación de los sistemas de mantenimiento industrial (Mantenimiento productivo total TPM, Mantenimiento basado en la fiabilidad RCM, etc.), sin embargo todas estas técnicas organizativas de mantenimiento tienen carencias en cuanto a la operativa en la transmisión del conocimiento, con respecto a las instalaciones auxiliares a la producción o el servicio a desarrollar, en lo referente al mantenimiento operativo en explotación, en el que intervienen diferentes equipos, elementos e instalaciones interconectadas, con diferente confiabilidad operativa, y con un alto grado de información tácita debido al personal que debe operar y mantener dichas instalaciones. Este defecto en la transmisión del conocimiento, junto con la elevada inercia en las operativas de mantenimiento, hace que en muchos casos se desconozca el grado de fiabilidad y

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

RESUMEN



Capítulo I

eficiencia energética final en las instalaciones, las acciones tácticas para mejorar los sistemas y el grado de operativa en mantenimiento, que provoca en muchos casos, para acciones de reparación o reposición instantánea, altos periodos de inoperancia que provocan paradas en la producción o en el desempeño del servicio a prestar.

Capítulo II

En este trabajo se aborda el problema y la incidencia que supone introducir técnicas de gestión del conocimiento en esta área de importante transcendencia para la empresa, analizando la repercusión que la adecuada captación, generación, transmisión y utilización del conocimiento, puede afectar sobre las actividades estratégicas que desempeña y que se han definido como la fiabilidad de los procesos e instalaciones, la mantenibilidad, la eficiencia energética y la operativa de explotación.

Capítulo III

Capítulo IV

Tras una descripción del estado de la situación y los principios básicos de la gestión del conocimiento y de la ingeniería del mantenimiento, se ha realizado un estudio cualitativo en diversas empresas dentro de las áreas de explotación y mantenimiento, con el fin de conocer las barreras y facilitadores, que dicho personal implicado encuentra para que se produzca una adecuada transmisión y utilización de dicho conocimiento fundamental, definiéndose las actividades estratégicas que realizan los departamentos de mantenimiento, y la manera en que repercuten en la empresa. Se ha propuesto y desarrollado un modelo para la gestión del conocimiento dentro del área de mantenimiento industrial, articulándose durante más de dos años en una investigación de campo en el interior de una industria del sector alimentario, con alto componente en equipamiento técnico e instalaciones, con un proceso crítico en cuanto a la fiabilidad, y con un gran componente de recursos humanos en el desempeño de la función de mantenimiento, con el fin de cuantificar el impacto y las características que suponen para la empresa una mejora de la transferencia del conocimiento dentro del área de mantenimiento industrial, mejorando la eficiencia de dicho servicio.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

En consecuencia, esta investigación persigue proporcionar referencias reales y juicios de expertos que expliquen en como y por qué el conocimiento y su gestión es tan relevante en el área de mantenimiento de la empresa. Esas son las razones que justificarían porqué gestionar el conocimiento en dicha área, supone un capital intangible, pero que suficientemente analizado se observa su valor tangible que afecta directamente a la organización.

INDICE

RESUMEN



Abstract

MODEL OF MAINTENANCE OPERATING IN EXPLOITATION-ORIENTED TO THE IMPROVEMENT OF RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY, BASED ON TECHNIQUES OF KNOWLEDGE MANAGEMENT.

Currently, companies that use buildings, installations, machines, equipment, etc., for the generation of goods or services, need that these assets are the greatest possible availability at the minimum cost, raising durability of such assets, as well as minimal operating costs. Therefore the preservation of production equipment or for a particular service to provide is a key commitment for the productivity of enterprises, as well as the quality of the products or services provided. All this results in a process to improve its competitiveness, indispensable to cope with increasing competition, rising costs developments and too traditional management models.

Knowledge is not one of the factors of production. It has become the main factor for the competitive advantage of the organizations of the 21st century. Although knowledge management is, and it has been studied in depth from the Decade of the 90s of the last century, especially for strategic management, innovation, trade, or business administration, are still many questions on how it articulates, transfers and the barriers to its management, especially when we talk about internal tactical activities that affect staff that we could call "offices" such as maintenance and industrial Assembly or exploitation and conduction of facilities.

The peculiarities that occur normally in this kind of vital activity of the company, knowledge of these operators is heavily based on their experience (strong tacit component), difficult to measure and articulate, and on numerous occasions, however, this rupture of the información-conocimiento, can be a high cost for the company, often assumed to be something to tackle due to the increase in production and service downtime, loss of efficiency, or time of coupling new staff to these areas.

Although from the 60s of the last century, it began to impose the systems research of industrial maintenance (TPM total productive maintenance, maintenance based on reliability RCM, etc.), however all of these organizational techniques of maintenance have shortcomings with regard to operations in the transmission of knowledge, with respect to ancillary facilities to the production or service to developas regards the operational maintenance in operation, which involves different equipment, elements and interconnected installations with different operational reliability, and with a high degree of tacit information because the personnel that must operate and maintain these facilities. This defect in the transmission of knowledge, together with high inertia in the operational maintenance, makes that in many cases is unknown the degree of reliability and final energy efficiency in plants, the tactical actions to improve systems and the degree of operational maintenance, which results in many cases, for actions of repair or instant replacement, high periods of failure causing stops in production or in the performance of the service to provide.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

RESUMEN



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

RESUMEN

This work addresses the problem and the impact that involves introducing knowledge management techniques in this area of important significance for the company, analyzing the impact that the proper uptake, generation, transmission and use of knowledge, can affect on strategic activities that performs and that they have defined as the reliability of processes and facilities maintainability, efficiency and operations of exploitation.

After a description of the State of the situation and the basic principles of the management of knowledge and engineering maintenance, has been a qualitative study in various companies within the areas of operation and maintenance, in order to know the barriers and facilitators, the staff involved is so that there is adequate transmission and use of such fundamental knowledge defining the strategic activities of maintenance departments, and the way in which have an impact on the company. Has been proposed and developed a model for the management of the knowledge within the area of industrial maintenance, articulating for more than two years in field research in the interior of an industry in the food sector, with high component in technical equipment and facilities, with a critical with regard to reliability process, and a major component of human resources in the performance of the function of maintenance in order to quantify the impact and features posed for the company enhanced the transfer of knowledge within the area of industrial maintenance, improving the efficiency of the service.

As a result, this research aims to provide real references and judgments of experts to explain in as and why knowledge and its management is so important in the area of maintenance of the company. These are the reasons which would justify why manage knowledge in this area, is an intangible capital, but sufficiently analyzed we observe his tangible value that directly affects the Organization.

Resum

MODEL DE MANTENIMENT OPERATIU EN EXPLOTACIÓ ORIENTAT A LA MILLORA DE LA FIABILITAT I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA, BASAT EN TÈCNiques DE GESTIÓ DEL CONEIXEMENT.

En l'actualitat, les empreses que utilitzen edificis, instal·lacions, màquines, equips, etc., per a la generació de béns o serveis, tenen la necessitat que aquests actius es troben amb la major disponibilitat possible al mínim cost, plantejant una major durabilitat de dites actives, així com els mínims costos operatius. Per açò la conservació dels equips de producció o per a un determinat servei a prestar és una aposta clau per a la productivitat de les empreses, així com per a la qualitat dels productes o serveis prestats. Tot açò redunda en un procés per a millorar la seua competitivitat, indispensable per a fer front a la creixent competència, l'evolució a l'alça dels costos i uns models de gestió massa tradicionals.

El coneixement no és un més dels factors de producció. S'ha convertit en el principal factor per a l'avantatge competitiu de les organitzacions del segle XXI. Encara que la gestió del coneixement és, i ha sigut estudiat en profunditat a partir de la dècada dels 90 del segle passat, especialment, per a la gestió estratègica, innovació, comerç, o administració de les empreses, encara queden molts interrogants en com s'articula, es transfereix i les barreres per a la seua gestió, sobretot quan parlem de les activitats tàctiques internes en les quals afecten a personal que podíem cridar de "oficis", tals com el manteniment i muntatges industrials o explotació i conducció de les instal·lacions.

Per les peculiaritats pròpies que es donen normalment en aquest tipus d'activitat fonamental de l'empresa, el coneixement d'aquests operaris està fortament basat en la seua experiència (fort component tàcit), difícil de mesurar i articular, i no obstant açò, en nombroses ocasions, aquest trencament de la informació-coneixement, pot suposar un alt cost per a l'empresa, moltes vegades assumit com alguna cosa que afrontar, a causa de l'increment de temps de parada de producció i serveis, perdudes d'eficiència energètica, o temps d'acoblament de nou personal a aquestes àrees.

Encara que a partir dels anys 60 del passat segle, va començar a imposar-se la investigació dels sistemes de manteniment industrial (Manteniment productiu total TPM, Manteniment basat en la fiabilitat RCM, etc.), no obstant açò totes aquestes tècniques organitzatives de manteniment tenen manques quant a l'operativa en la transmissió del coneixement, pel que fa a les instal·lacions auxiliars a la producció o el servei a desenvolupar, referent al manteniment operatiu en explotació, en el qual intervenen diferents equips, elements i instal·lacions interconnectades, amb diferent confiabilitat operativa, i amb un alt grau d'informació tàcita a causa del personal que ha d'operar i mantenir aquestes instal·lacions. Aquest defecte en la transmissió del coneixement, juntament amb l'elevada inèrcia en les operatives de manteniment, fa que en molts casos es desconega el grau de fiabilitat i eficiència energètica final en les instal·lacions, les accions tàctiques per a millorar els sistemes i el grau d'operativa en



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

RESUMEN

manteniment, que provoca en molts casos, per a accions de reparació o reposició instantània, alts períodes d'inoperància que provoquen parades en la producció o en l'acompliment del servei a prestar.

En aquest treball s'aborda el problema i la incidència que suposa introduir tècniques de gestió del coneixement en aquesta àrea d'important transcendència per a l'empresa, analitzant la repercussió que l'adequada captació, generació, transmissió i utilització del coneixement, pot afectar sobre les activitats estratègiques que exerceix i que s'han definit com la fiabilitat dels processos i instal·lacions, la mantenibilitat, l'eficiència energètica i l'operativa d'explotació.

Després d'una descripció de l'estat de la situació i els principis bàsics de la gestió del coneixement i de l'enginyeria del manteniment, s'ha realitzat un estudi qualitatiu en diverses empreses dins de les àrees d'explotació i manteniment, amb la finalitat de conèixer les barreres i facilitadors, que aquest personal implicat troba perquè es produïska una adequada transmissió i utilització d'aquest coneixement fonamental, definint-se les activitats estratègiques que realitzen els departaments de manteniment, i la manera en què repercuteixen en l'empresa. S'ha proposat i desenvolupat un model per a la gestió del coneixement dins de l'àrea de manteniment industrial, articulant-se durant més de dos anys en una investigació de camp a l'interior d'una indústria del sector alimentari, amb alt component en equipament tècnic i instal·lacions, amb un procés crític quant a la fiabilitat, i amb un gran component de recursos humans en l'acompliment de la funció de manteniment, amb la finalitat de quantificar l'impacte i les característiques que suposen per a l'empresa una millora de la transferència del coneixement dins de l'àrea de manteniment industrial, millorant l'eficiència d'aquest servei.

En conseqüència, aquesta investigació persegueix proporcionar referències reals i judicis d'experts que expliquen en com i per què el coneixement i la seua gestió és tan rellevant en l'àrea de manteniment de l'empresa. Aqueixes són les raons que justificarien perquè gestionar el coneixement en aquesta àrea, suposa un capital intangible, però que suficientment analitzat s'observa el seu valor tangible que afecta directament a l'organització.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

ÍNDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

ÍNDICE

Contenido

Capítulo I. Introducción y planteamiento de la tesis	1
1.1. Introducción y planteamiento del problema	3
1.2. Plan de investigación y estructura de la Tesis	9
1.3. Planteamiento y definición del problema	12
1.4. Alcances y limitaciones de la investigación	19
1.5. Objetivos, finalidad y tipos de investigación	21
1.6. Contenido del documento	22
1.7. Referencias del capítulo	25
Capítulo II. Estado de la Ingeniería del mantenimiento Industrial y la Gestión del Conocimiento	27
Objetivo del Capítulo	29
Artículos relacionados con el Capítulo II	29
2.1. El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño	31
1. Introducción	34
2. Análisis de estudios formalizados de los factores de incidencia sobre la producción y mantenimiento en las empresas	35
3. Análisis de estudios sectoriales de la actividad de mantenimiento	47
4. Análisis de los resultados , para introducir modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial	56
5. Conclusión	59
6. Referencias	60
2.2. Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo	63
1. Introducción	66
2. Los principios de la gestión del conocimiento en la empresa	67
3. La cooperación del grupo en la gestión del conocimiento	73
4. Procesos y dimensiones en la gestión del conocimiento	75
5. Herramientas y tecnologías para la gestión del conocimiento	81
6. Metodología de la investigación	87
7. Resultados	90
8. Discusión	91
9. Conclusiones	96
10. Referencias	97
Capítulo III. Los modelos de Mantenimiento industrial y sus aspectos estratégicos en relación al conocimiento y la experiencia	103
Objetivo del Capítulo III	105
Artículos relacionados con el Capítulo III	105
3.1. Los modelos de mantenimiento industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento: Un análisis teórico.	107
1. Introducción	110
2. Los tipos y estrategias organizativas de gestión del mantenimiento.	111
3. Los modelos de mantenimiento y la gestión del conocimiento en relación a la empresa.	126
4. Barreras y facilitadores para la gestión del conocimiento en las estrategias de mantenimiento.	128
5. Conclusión	132
6. Referencias	132



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

3.2. Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos al conocimiento.	
.....	137
1. Introducción	140
2. La operativa del mantenimiento industrial	140
3. Evolución histórica	141
4. Los aspectos estratégicos del mantenimiento en relación al conocimiento	145
5. Conclusión	160
6. Referencias	161
Capítulo IV. Análisis mediante técnicas cualitativas de los factores del	
Mantenimiento Industrial en relación a la Gestión del Conocimiento	165
Objetivo del Capítulo IV	167
Artículos relacionados con el Capítulo IV	167
4.1. Los métodos de investigación cualitativa en su aplicación al mantenimiento	
industrial: Análisis de las ventajas y limitaciones en su utilización	169
1. Introducción	172
2. Las técnicas de investigación cualitativas en su aplicación al mantenimiento industrial.	172
2.1. Las técnicas de investigación cualitativas directas	176
2.2. Las técnicas de investigación cualitativas indirectas	183
3. El análisis de los datos cualitativos	186
4. La utilización de las técnicas de investigación cualitativa en las acciones tácticas del	
mantenimiento industrial	188
5. Resultados	193
6. Discusión	194
7. Conclusiones	196
8. Referencias	197
4.2. La “materia oscura” del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. Una	
aproximación cualitativa al problema.	201
1. Introducción	204
2. El efecto de la transmisión del conocimiento en el mantenimiento industrial	205
3. Consecuencias de la mala gestión del conocimiento. Análisis de casos	207
4. El mantenimiento industrial y el conocimiento tácito	213
5. Metodología de la investigación	217
6. Resultados	220
7. Discusión	223
8. Conclusiones	225
9. Referencias	225
4.3. Facilitadores y barreras para la aplicación de la Gestión del Conocimiento en	
la ingeniería del mantenimiento industrial: Un análisis mediante técnicas	
cualitativas	229
1. Introducción	232
2. Las actividades estratégicas del Mantenimiento Industrial y su relación con la Gestión del	
Conocimiento	232
3. Metodología de la investigación	236
4. Resultados	243
5. Discusión	251
6. Conclusiones	255
7. Referencias	256
Capítulo V. Planteamiento y Desarrollo de un Modelo de Mantenimiento Industrial	
basado en Técnicas de Gestión del Conocimiento.	259
Objetivo del Capítulo V	261
Artículos relacionados con el Capítulo V	261
5.1. Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación	
a la ingeniería de mantenimiento industrial	263
1. Introducción	266
2. Los marcos de referencia del conocimiento	268
3. Los marcos de referencia de la ingeniería del mantenimiento en relación al conocimiento y la	
experiencia	271



4. Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.	275
5. Las fases de la evolución de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.	278
6. Las etapas básicas de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.	279
7. Conclusiones	287
8. Referencias	288
5.2. Desarrollo de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.	291
1. Introducción	294
2. La relevancia de la Gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial.	295
3. Un modelo para la Gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial.	298
3.1. FASE 1: Identificación del valor de lo intangible y análisis de la situación.	302
3.2. FASE 2: Transformación de lo intangible en visible.....	310
3.3. FASE 3: Generación, producción y utilización del conocimiento.....	329
4. Discusión y resultados.....	345
5. Conclusiones	350
6. Referencias	351
Capítulo VI. Aplicación del Sistema Propuesto y Resultados.....	353
Objetivo del capítulo VI.....	355
Artículos relacionados con el Capítulo VI.	355
6.1. Eventos Kaizen como estrategia de medición y mejora de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Análisis de resultados en una empresa industrial.....	357
1. Introducción	360
2. Relevancia de la gestión del conocimiento en el mantenimiento industrial	361
3. Kaizen en el mantenimiento industrial	364
4. Metodología.....	368
5. Los eventos kaizen como estrategia de medición y mejora en las acciones de mantenimiento usando técnicas de gc.	370
5.1. Evento Kaizen 1 (concienciación para compartir y utilizar conocimiento estratégico).....	371
5.2. Evento Kaizen 2 (mejora mantenibilidad).....	372
5.3. Evento Kaizen 3 (mejora fiabilidad).....	374
5.4. Evento Kaizen 4 (mejora operatividad/ explotación).....	376
5.5. Evento Kaizen 5 (mejora eficiencia energética).....	380
5.6. Evento Kaizen 6 (disminución tiempos acoplamiento nuevo personal).....	387
6. Discusión.....	388
7. Conclusiones	392
8. Referencias	393
6.2. El trinomio “Eficiencia energética, Fiabilidad, Mantenibilidad”: Relaciones y mejora con técnicas de gestión del conocimiento.	397
1. Introducción	400
2. Relevancia de la gestión del conocimiento en el mantenimiento industrial	402
3. Modelo de de gestión del conocimiento basado en la fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética.	403
4. Fiabilidad, Mantenibilidad, Eficiencia energética, y su relación en base a la información y el conocimiento.....	406
5. Caso de observación: Fiabilidad en la explotación, mantenimiento y Eficiencia Energética, relaciones y mejora con la utilización de técnicas de GC, en una instalación de refrigeración industrial de una factoría del sector alimentario.....	409
6. Resultados observados	416
7. Conclusiones	421
8. Referencias	422
6.3. La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Loriente S.A.	425
1. Introducción	428
2. Análisis de principios	428

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

3. Las instalaciones y los procesos en el diseño y ejecución 430
3.1. El Diseño basado en la fiabilidad 430
3.2. El Diseño basado en la Mantenibilidad 433
3.3. El Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas 435
3.4. El Diseño basado en el respeto medio ambiental 437
3.5. El Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento 439
4. Conclusiones 441
5. Referencias 442
Capítulo VII. Conclusiones y Desarrollos Futuros 445
7.1. Introducción 447
7.2 Conclusiones y resultados 447
7.3 Resultados secundarios 459
7.4. Trabajos futuros 460
7.5 Referencias del capítulo 462
ANEXOS 463
Anexo I: Cuestionario para modelo de aprendizaje 465
Anexo II: Cuestionarios exploratorios sobre las características del servicio del mantenimiento en relación a la transmisión del conocimiento y sus acciones tácticas fundamentales 471
Anexo III: Evaluación del estado actual sistemas mantenimiento industrial. Norma Covenin 2500 483
Anexo IV: Fichas exploratorias sobre los aspectos estratégicos del mantenimiento 497



Capítulo I:
INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Capítulo I. Introducción y planteamiento de la tesis



Capítulo I:
INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

1.1. Introducción y planteamiento del problema

En la actualidad, las empresas que utilizan edificios, instalaciones, máquinas, equipos, etc., para la generación de bienes o servicios, tienen la necesidad de que estos activos se encuentren con la mayor disponibilidad posible al mínimo costo, planteando una mayor durabilidad de dichos activos, así como los mínimos costes operativos. Por ello la conservación de los equipos de producción o para un determinado servicio a prestar es una apuesta clave para la productividad de las empresas, así como para la calidad de los productos o servicios prestados (Robbins et al., 2009; Monchy, 1990), promoviendo la capacidad de innovación (González et al., 2011; Camelo et al., 2010; Bravo-ibarra et al., 2009; Lundvall et al., 2007). Todo esto redundará en un proceso para mejorar su competitividad, indispensable para hacer frente a la creciente competencia, la evolución al alza de los costes y unos modelos de gestión demasiado tradicionales (Cárcel, 2011).

Así mismo, las organizaciones son entes sociales, conformadas por personas, creadas para la obtención de objetivos o metas, mediante el trabajo humano y del uso de los recursos materiales (Díez et al., 2002), que se caracterizan por una serie de relaciones entre sus componentes y es productiva cuando alcanza sus metas, utilizando los recursos a un mínimo costo, y observándolo desde el factor humano (García et al., 2008) en base a sus dimensiones y factores que actúan donde los individuos se organizan como sistemas de transformación a fin de convertir unos medios o recursos en bienes o servicios (Marvel et al., 2011).

Las empresas se ven obligadas a actuar sobre los factores que afectan a su nivel competitivo (Fredberg, 2007; Abancets et al., 1986). Una variable relevante sobre la que pueden actuar es la eficiencia del proceso productivo. El mantenimiento industrial tiene por objetivo principal conseguir una utilización óptima de los activos productivos de la compañía, manteniéndolos en el estado requerido para una producción o servicio eficiente con unos costes mínimos. Dicha función debe tener en cuenta los objetivos de la empresa, y se debe llevar a cabo en el marco de un gasto materializado por un presupuesto, o en relación a una determinada actividad (Souris, 1992).

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años (Gonzalez, 2003), ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no sólo introducir mejoras e innovaciones en sus productos, servicios y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto sólo se consigue mediante un mantenimiento adecuado.

Hay que señalar que, además de las grandes empresas, las PYMES (pequeñas y medianas empresas) también son objeto de la aplicación de las técnicas de mantenimiento, ya que, si bien la implantación de determinados sistemas o técnicas de mantenimiento en una PYME sería inviable o no rentable, una gestión más racional del mantenimiento puede aportar ventajas. Por otro lado, dado que en las PYMES es donde normalmente menos atención se ha prestado, o menos recursos se han destinado, al



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

mantenimiento industrial, la inclusión de cualquier mejora en la gestión de esta función puede tener unos resultados más brillantes (Cárcel, 2011; AEM, 2010; MIE, 1995).

La gestión efectiva del mantenimiento supone, en consecuencia, una de las actividades cruciales de la mayor parte de las empresas con activos físicos. Son por ello lógicos los esfuerzos orientados a optimizar su funcionamiento, involucrando para tal fin tanto a medios humanos como técnicos (Marvel et al., 2011).

Aún así, el ingeniero y los técnicos de planta sigue detectando muchos problemas y defectos de los sistemas, modelos, técnicas y procedimientos implementados, muy especialmente los relativos a una fluida transmisión de la experiencia y de los conocimientos, unas veces olvidados, otras retenidos por los especialistas y, en todo caso, insuficientemente formalizados o “protocolizados”. El conocimiento que podemos adquirir acerca del comportamiento de un sistema físico se fundamenta principalmente en la adquisición y valoración de dos tipos de información, cuantitativa (por instrumentos de medición) y cualitativa (adquirida por humanos) (Chacón, 2001). La presente tesis trata de resolver alguno de estos problemas que el autor, en su propio trabajo profesional, ha padecido con especial intensidad. Se es así consciente del valor que, para los técnicos y especialistas del mantenimiento de planta, poseen estos planteamientos y desarrollos. Tampoco se ha olvidado la necesidad de dotar a una tesis doctoral del suficiente carácter generalista y tratamiento científico, por lo que se ha planteado un modelo de proceso de mejora de amplio espectro de aplicación.

En los círculos de control de calidad y de mejora continua en las empresas es bien conocido el ciclo PDCA (Jabaloyes et al, 2010) (acrónimo de Plan, Do, Check, Act - Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), también conocido como "Círculo de Deming" (de Edwards Deming) (también se denomina espiral de mejora continua), es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos (figura 1.1), basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart (aunque ya en tiempos de los aztecas se utilizaba basado en las fases de la luna). Se constata por la propia experiencia y observación, que la actividad de mantenimiento es intensiva en la “DO” (Hacer), relegándose en gran medida el resto de acciones para mejora continua (por la propia inercia que suelen llevar las acciones de mantenimiento).

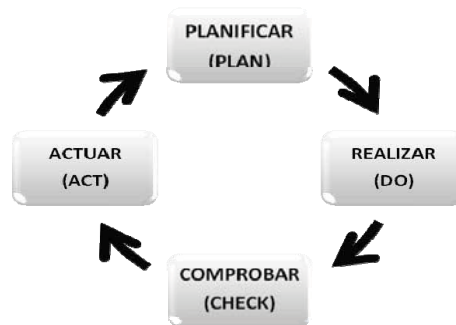


Fig. 1.1: Círculo de mejora continua de Deming. Fuente: elaboración propia.



Algunos de los problemas más frecuentes y críticos (y que en gran medida vienen por la incorrecta gestión del conocimiento), con los que los especialistas y técnicos de mantenimiento se encuentran son:

- Cambios de personal de la plantilla.
- Poca experiencia de los operarios.
- Falta de información de medidas a tomar y pasos a seguir ante ciertas averías o incidencias.
- Dependencia del conocimiento y experiencia tácita de los operarios.
- Históricos de avería y análisis de causas imperfectos.
- Desorganización de la información acerca de las instalaciones y equipos.
- Carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal.

Éstos son algunos de los problemas que se pretenden subsanar con este trabajo de tesis.

Los problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento se traducen en pérdidas económicas debido al desconocimiento por parte del operario de: las instalaciones existentes, fallos típicos y medidas a adoptar ante los mismos, tiempo de rodaje y adaptación a la forma y sistemas de trabajo, etc. La escasa experiencia del operario obliga a otros a abandonar sus tareas para poder enseñarle las ubicaciones, tipos de instalaciones, modo de trabajo, etc., con la consiguiente pérdida de productividad y rendimiento que ello conlleva. A continuación (en la figura 1.1), se muestra un gráfico radial que refleja los tiempos en horas utilizados en el acoplamiento y operatividad del operario en el comienzo de su desempeño en la empresa.

Los datos se han tomado basándose en una plantilla real de 20 personas de un departamento de mantenimiento, en la que se ha fijado un máximo de rotación de 5 operarios/año.

Como se aprecia en la figura 1.1, el tiempo (valor medio) de iniciación ó introducción del nuevo operario en la empresa, se va reduciendo paulatinamente a lo largo del tiempo (se ha considerado un año natural), siendo las horas indicadas en la gráfica, las consideradas como inoperativas, hasta que se considera que dicho técnico puede ser prácticamente autónomo. El coste de estos cambios de personal (figura 1.2.) y de la inexperiencia que conllevan, es directamente proporcional al tiempo en el que éstos todavía no son operativos al 100%. Estos tiempos pueden variar según el área de desempeño, oscilando según el área o grado de especialización entre 8 y 16 meses.

Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTAMIENTO DE LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Fig. 1.2: Tiempos de acoplamiento y operatividad del operario. Fuente: elaboración propia.

En empresas de mayor tamaño el problema se agudiza y el coste de estos cambios se incrementa considerablemente, ya que las instalaciones a conocer, los trabajos a efectuar, etc., son mucho mayores. También hay que tener en cuenta para analizar estos costes, la inoperatividad (el aumento en el tiempo medio de resolución de fallos que se puedan considerar como cíclicos o recurrentes). En la figura 1.3, se puede comprobar la tendencia de dicho tiempo medio (a lo largo de un año natural) que, según se configura y estabiliza el equipo de personal de mantenimiento, va disminuyendo y, consiguientemente, el tiempo de inoperatividad.

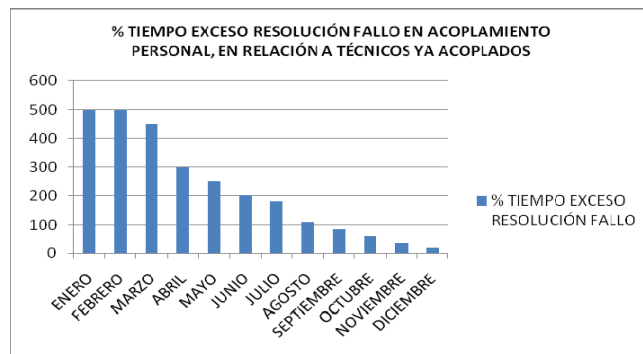


Fig. 1.3: Tiempos de resolución de fallos según experiencia del operario. Fuente: elaboración propia

Habiendo considerado los costes de inoperatividad o ineficiencia, que suponen a la empresa el incorporar nuevos operarios a los equipos de mantenimiento, tal y como indica la tendencia de la figura anterior, es necesario destacar además otros costes inducidos.

Estos costes inducidos se derivan de la incapacidad del operario de resolver una avería crítica en un momento determinado. Estas averías críticas, a diferencia de las averías no críticas, se diferencian en que éstas suponen un coste elevado a la empresa como, por ejemplo, la paralización de la producción o el servicio hasta que no se subsane dicha avería.

Otro de los problemas relevantes a la hora de realizar un buen mantenimiento de instalaciones es la falta de información sobre medidas específicas a adoptar, y orden de ejecución secuencial de las mismas ante averías que no se han presentado antes, o bien que no han ocurrido en presencia del operario.

En la mayoría de los casos, son los operarios más antiguos quienes conocen mejor las instalaciones y equipos, así como, su comportamiento específico, medidas a tomar ante cualquier incidencia, qué revisar y cómo hacerlo, en concreto, para cada máquina, instalación, sistema, etc. Se estima que cerca del 70% del conocimiento que se maneja en una empresa es del tipo tácito (el que se encuentra almacenado en cada individuo) (Macián et al., 2010)

Esta experiencia adquirida a través de los años, denominada “know-how”, o simplemente conocimiento o experiencia, no es cometido o competencia del Sistema Educativo y, sin embargo, es de vital importancia para el buen funcionamiento de la empresa.

El problema reside en que si el operario que posee ese conocimiento, abandona el puesto de trabajo, la empresa lo pierde, sufriendo los problemas operativos y económicos que de ellos se derivan.

Normalmente, una empresa tiene en su poder documentación técnica acerca de las averías más frecuentes que pueden darse en las máquinas o instalaciones que tiene instaladas, qué hacer ante éstas, qué comprobar y dónde, etc.

Sin embargo, no posee documentación alguna sobre los fallos, incidencias o averías que no suelen ocurrir, o que no son específicos de la empresa, o simplemente que no se tenía conocimiento de ellos hasta que han ocurrido por primera vez. Éstas son las denominadas “averías basadas en la experiencia o el conocimiento” que dependen de la maquinaria instalada, configuración específica de las instalaciones, estado de éstas, zonas de trabajo, programación, etc., que sin duda varían de una empresa a otra.

Por otra parte, en muchos casos la información técnica acerca de las instalaciones se ha extraviado o está en manos de una única persona, con la consiguiente falta de información en un momento determinado, que en algunas ocasiones es vital para una rápida actuación.

También es frecuente que esta información sea tan amplia y extensa que el personal de mantenimiento tenga dificultades o pérdidas de tiempo para encontrar la información que precisa, y entre ella la información vital o importante.

Ante acciones de respuesta operativa para solucionar un fallo en el sistema, en fallos o averías que no suelen ocurrir y que se producen a intervalos largos de tiempo (una vez al año o espacios superiores), suele pasar que los operarios que resolvieron anteriormente dicha avería, o no están en servicio o tienen dudas ante las acciones a realizar, con el consiguiente tiempo de resolución al igual que la primera vez. Estos tiempos de exceso (que son consecuencia de la mala gestión del conocimiento tácito),

Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTAMIENTO DE LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

ocasionan un incremento de gasto por la producción no realizada o el servicio no prestado. De igual manera se podría enunciar ante acciones de eficiencia energética o mantenibilidad de los sistemas, y su relación estrecha que tiene con el conocimiento tácito u operativo de la empresa que se trata.

El problema que parece más relevante dada la ausencia de soluciones, aunque sean incipientes, es la carencia de sistemas de autoaprendizaje, reciclaje y decisión ante fallos o acciones relacionadas con la eficiencia energética o mantenibilidad. Al no disponer de estos sistemas, el intentar recopilar la experiencia se hace todavía más difícil, perdiéndose cuando el poseedor de la experiencia tácita abandona el lugar de trabajo. Los nuevos operarios no disponen de esa información, con la que podrían aprender rápidamente y resolver problemas con mayor efectividad, y así mismo cualquier operario (aún con larga experiencia en el puesto de trabajo) ante una acción no cíclica (que no suele ocurrir), dependerá de la experiencia de otra persona que lo haya sufrido o comenzar de nuevo con el problema de resolución (con todo el exceso de tiempo que ello conlleva).

El reciclaje del personal de mantenimiento, especialmente en ámbitos fabriles de elevada automatización y con tecnologías avanzadas, parece un factor crítico de la eficiencia en las actuaciones de mantenimiento. Si se desconocen los nuevos sistemas y técnicas que salen al mercado, las nuevas tecnologías que surgen para optimizar procesos, etc., resulta prácticamente imposible llevar a cabo una buena planificación, así como, un óptimo mantenimiento.

Este desafío de la gestión de lo intangible, ha sido aceptado en el caso de grandes empresas de ámbito internacional, para capturar el activo intelectual, en referencia al producto que comercializan tales como Dow Chemical Company (Petras, 1996), Arthur Andersen (Hiebeler, 1996) o Hughes Space Company (Bontis, 1996), sin embargo dicho reto es ampliamente ignorado por las pequeñas o medianas empresas de ámbito local o nacional. Caso de poder recuperar esta información o conocimiento tácito, y definir la manera de medir y prever esta transferencia de conocimiento, se podría utilizar como sistema para proporcionar un autoaprendizaje, con una captación de esa información que tiene gran importancia en la explotación de la empresa, consiguiendo una reducción de los tiempos de acoplamiento del nuevo personal, una reducción y mejora en las acciones ante fallos cíclicos y no cíclicos, un mayor conocimiento del conjunto de los sistemas, que conllevará de manera colateral la mejora de todas las acciones de mantenibilidad y eficiencia energética, y una reducción del riesgo en la empresa (siendo este un valor tangible, más otros intangibles como puede ser la pérdida de imagen, etc.). Todo esto conllevaría una reducción de costes y una mayor operatividad y, por tanto, una mayor rentabilidad y productividad a la empresa. Con una adecuada gestión del conocimiento se evitarían la mayoría de los problemas anteriormente mencionados.

Por último, es necesario puntualizar que, como en cualquier implantación de un sistema nuevo en la empresa, no sólo se necesita un buen sistema (por ejemplo informático, o de cualquier otro tipo) sino que es imprescindible, para conseguir los objetivos perseguidos

tras la implantación del mismo, que exista una motivación por parte de los operarios para conseguir alcanzar dichos objetivos. Esta motivación debe provenir desde la dirección de la empresa y los organos directores de las actividades de mantenimiento, motivando el adecuado clima de colaboración y de transferencia de conocimiento, que sin duda debe ser bidireccional.

Es por ello fundamental integrar todas las acciones que intervienen en esa gestión del conocimiento en relación a la actividad de mantenimiento (Figura 1.4), teniendo en cuenta las condiciones sociales debidas al propio personal que interviene, las condiciones de fiabilidad y eficiencia energética, así como las oportunidades de mejora económica o de servicio que se producirían en la empresa a tratar.



Fig. 1.4: Integración de los aspectos tácticos en mantenimiento. Fuente: elaboración propia

1.2. Plan de investigación y estructura de la Tesis

Dado lo anteriormente comentado y para proponer un modelo de mantenimiento que consiga una mejora de la gestión y utilización del conocimiento, que redunde en una mejora operativa, rentabilidad e imagen de la empresa, y ante la ausencia de trabajos previos con un cuerpo estructurado de conocimientos y una metodología base para abordar como disciplina el análisis del mantenimiento mediante la generación de conocimiento, la presente tesis en la estructura desarrollada (figura 1.5), propone seguir cuatro etapas generales:

Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

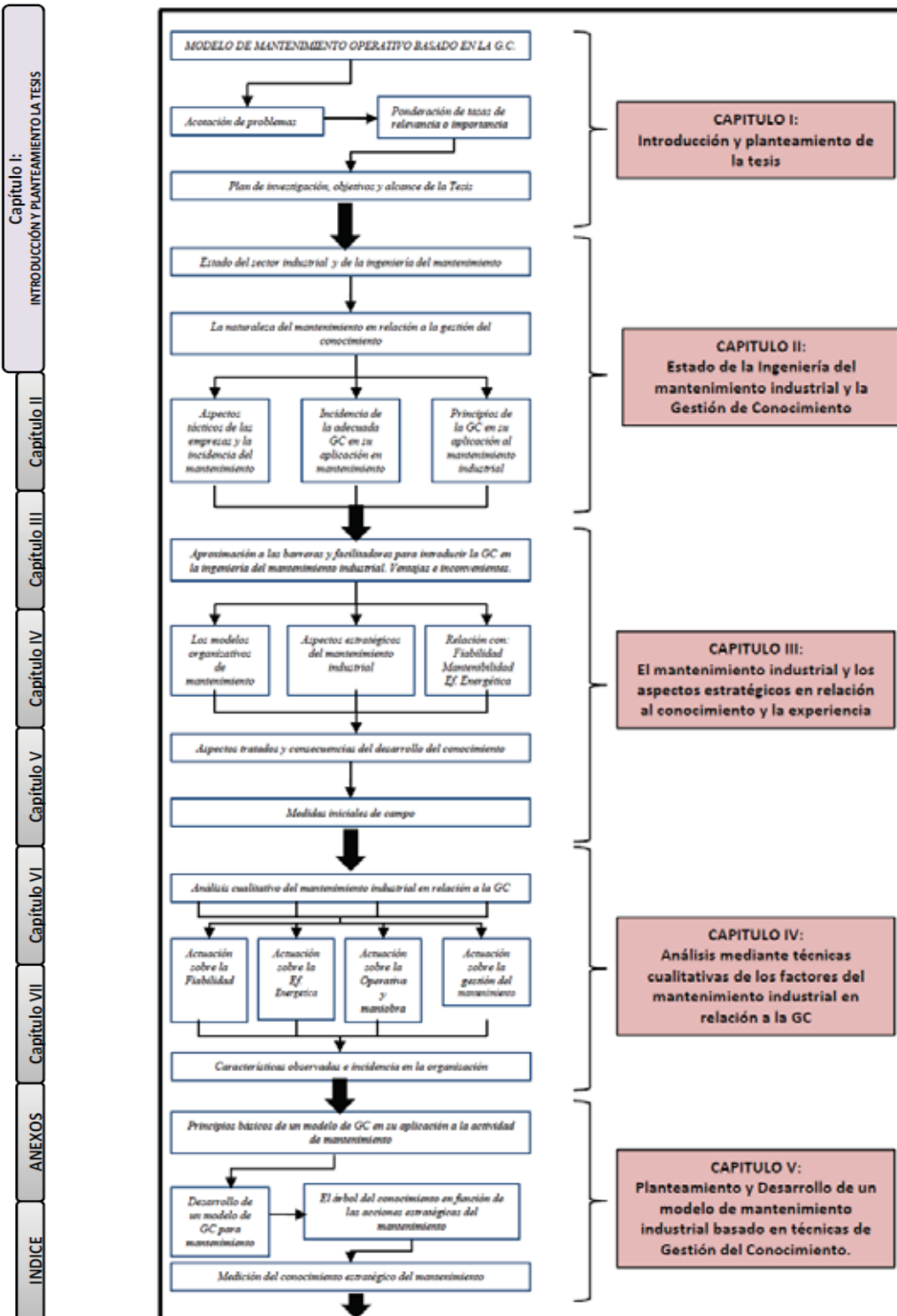
Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

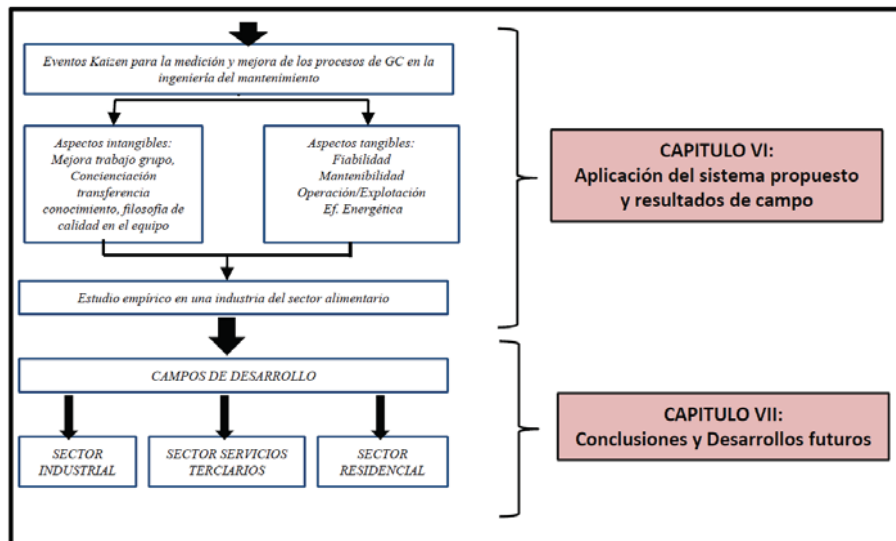


Figura 1.5: Estructura de la tesis. Fuente: elaboración propia.

- La primera etapa, es orientada a la identificación del estado de la situación del mantenimiento, los principios y técnicas de la gestión del conocimiento, y la descripción de los modelos organizativos de mantenimiento industrial y sus misiones estratégicas fundamentales en relación al conocimiento y la experiencia, estableciendo la evolución y el estado del arte de esta materia y los mecanismos en relación a la transmisión de la información , y en especial, al conocimiento tácito (Capítulo II y III).
- En una segunda etapa se analizan mediante estudios cualitativos con entrevistas, cuestionarios y encuestas preparadas y analizadas en un entorno industrial, los aspectos estratégicos del mantenimiento en relación a la fiabilidad (o confiabilidad), la mantenibilidad, la eficiencia energética y la operativa en explotación, estableciendo y confirmando los mecanismos de captación, generación, transmisión y utilización del conocimiento estratégico que se utilizan en la propia organización de mantenimiento (Capítulo IV).
- La tercera etapa, tras los estudios de campo mediante metodologías cualitativas, se propone y desarrolla un modelo de mantenimiento operativo con utilización de técnicas de gestión del conocimiento, aplicado a una instalación industrial utilizada como centro de la investigación en base a sus características óptimas para el estudio y su disponibilidad para la investigación (Capítulo V).
- Posteriormente y durante un periodo de dos años, se observan y cuantifican los resultados con la utilización de eventos kaizen, usados para medir y seguir desarrollando los procesos que hacen mas eficiente la gestión del conocimiento en la organización de mantenimiento (Capítulo VI), realizándose un análisis de los resultados .



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

En este Capítulo I, se realiza la introducción y el planteamiento de la investigación del tema relacionado con la presente tesis. En el Capítulo VII se exponen las conclusiones finales y las líneas de investigación futuras.

1.3. Planteamiento y definición del problema

El mantenimiento se puede definir en un enfoque Kantiano. El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno (Mora, 2005). Dentro de este sistema, y tal como se ha comentado, se plantea en concreto abordar esa transferencia de conocimiento que sin duda existe en la relación entre los tres elementos (Figura 1.6.), y que es de gran transcendencia en las funciones requeridas a los servicios de mantenimiento.



Figura 1.6: Enfoque Kantiano de la actividad de mantenimiento en relación a la G.C.. Fuente: elaboración propia.

En esta tesis se considera que el conocimiento que se acumula en una empresa (entorno), en su actividad y explotación es la base de la que se deriva gran parte de las soluciones necesarias y convenientes para el desempeño con mayor eficiencia conforme a los niveles de desempeño de mantenimiento que han fijado sus órganos de decisión (Figura 1.7.). Es precisamente esta base del conocimiento, la que suele estar desestructurada, en islas de conocimiento, con lo cual sólo es utilizada en pequeña medida.



Figura 1.7: Conjunto de información y conocimiento en entorno empresa. Fuente: elaboración propia.

En base a entender la problemática de una manera simple, se pueden citar varios ejemplos (basados en la propia experiencia del autor), que aunque evidentes, y que se suelen producir con relativa frecuencia en el conjunto de las empresas industriales o de servicios, hacen mostrar la escasa o nula gestión del conocimiento en el desempeño del mantenimiento industrial:

- a) Fallo esporádico de un sistema de protección y acoplamiento de baja tensión en una instalación industrial (Figura 1.8.):

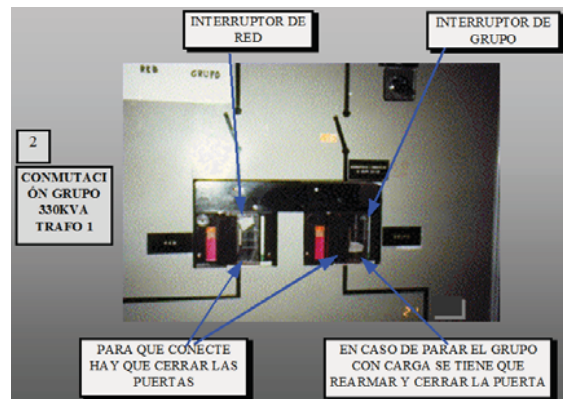


Figura 1.8: Detalle de Interruptor de potencia y acoplamiento en BT. Fuente: elaboración propia.

En este caso se produce un disparo intempestivo de un acoplamiento de potencia en baja tensión, que no se tenía constancia anteriormente de haberse producido. El personal de mantenimiento que acude a su reposición, no consigue rearmarlo (por desconocer el manejo intrínseco de dicho material), se hacen todo tipo de pruebas aguas abajo sin conseguirlo y se intenta buscar la documentación de operación del elemento (Dicha documentación almacenada entre miles de hojas de información). Se tarda en reponer en un periodo de 2,5 horas, ocasionando pérdidas por no producción de 190.000 €. Con el conocimiento básico del elemento, su tiempo de reposición debería haber sido de escasos 5 minutos. El personal que operó la avería, no transcribió de manera fehaciente dicho registro, con lo que pasados más de dos años de esa avería, se vuelve a repetir, no estando ninguno de los miembros de mantenimiento que actuó la vez anterior, dando como consecuencia que el nuevo personal que actuó, volvió a resolverla en un tiempo superior a las 3 horas, teniendo como consecuencia unas pérdidas equivalentes a la vez anterior. En la tabla 1.1, se muestra una relación de la repercusión económica según el tiempo en fallo sobre el gasto soportado por no producción de la empresa de este ejemplo a).

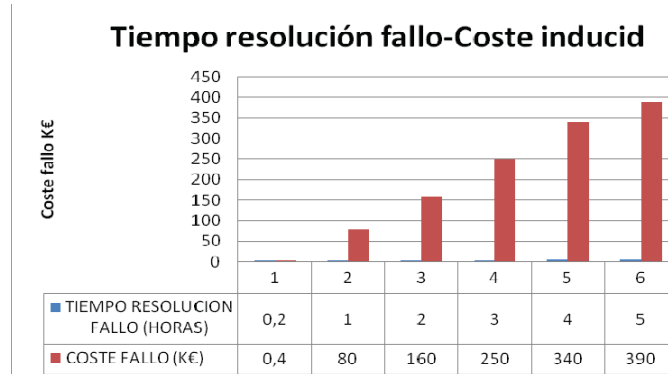


Tabla 1.1: Relación tiempo fallo-coste del ejemplo a). Fuente: elaboración propia.

b) Mantenimiento preventivo y maniobras en grupo electrógeno de emergencia de 705 KVAs (Figura 1.9):

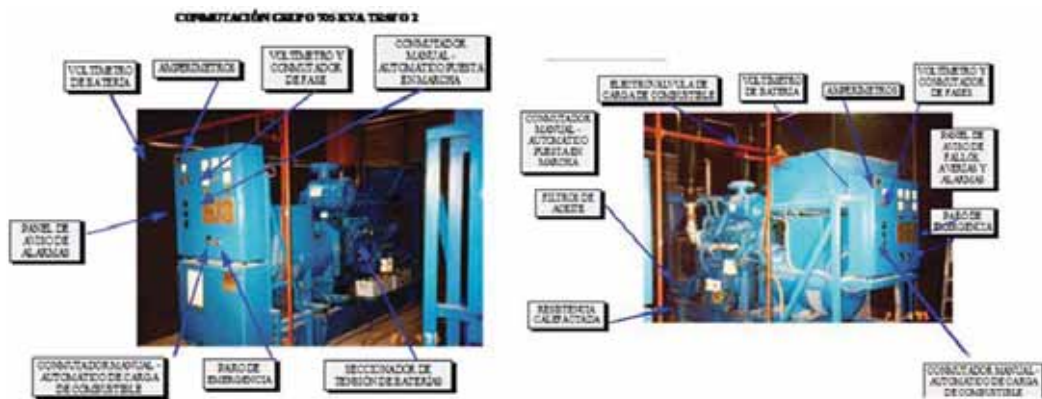


Figura 1.9: Detalle de Grupo electrógeno 705 KVAs. Fuente: elaboración propia.

Ante la entrada en la empresa de un nuevo técnico de mantenimiento, se produce un tiempo de acoplamiento para tener la misma pericia y desempeño en los mantenimientos preventivos y operación de los equipo, que el resto del personal con antigüedad en varios años. Esta transmisión del conocimiento se produce por el resto de compañeros de mayor antigüedad de la organización, siendo durante esa etapa de formación un coste asumido por la empresa. Dicho tiempo de acoplamiento oscilaba en este caso de aproximadamente 14 meses, para ser completamente operativo y autónomo en las actividades normales de la empresa donde desempeña su función, siendo un gasto que puede oscilar en función del nivel salarial del personal, así como otros gastos inducidos por esa falta de operatividad, y aumento de tiempo de resolución ante averías o maniobras.

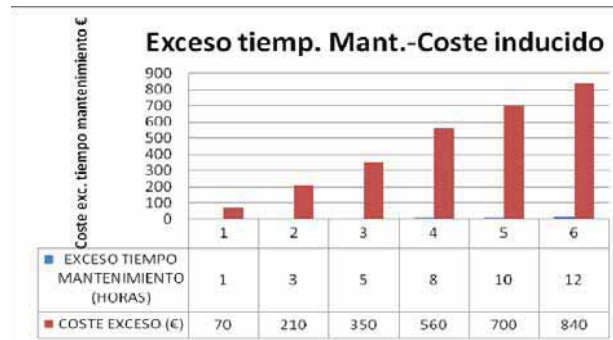


Tabla 1.2: Relación tiempo fallo-coste del ejemplo a). Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior (tabla 1.2), se indican los costes por el tiempo de acoplamiento del personal de nuevo ingreso en la empresa. Estos costes además de ser una carga improductiva en la empresa, suponen un lastre para el resto de los miembros de la organización durante dichos periodos de acoplamiento. Estos costes, muchas veces no analizados por las empresas, tienen un carácter elevado en empresas donde el ciclo de renovación de personal es importante.

c) Maniobras en redes de distribución de energía eléctrica a 20 KV, ante averías o disparo de líneas.

En empresas distribuidoras de energía eléctrica, tradicionalmente, y dado la gran dispersión territorial que pueden tener las redes de distribución eléctrica de una zona, las reposiciones o maniobras operativas de líneas, son realizadas por personal ya acoplado a dicha zona de trabajo. El problema reside, que aunque los elementos de maniobra (figura 1.10) y operación son pocos en comparación a una instalación industrial, debido a la dispersión de dichos elementos a nivel territorial, que se deben conocer donde están situados, de qué manera llegar hasta allí (muchas veces a través de caminos o zonas que no están reflejados en planimetrías tradicionales), y que hacen que el nuevo personal asignado a esa zona tenga un tiempo de acoplamiento importante, la dificultad para utilizar personal con experiencia de otra zona, y como consecuencia directa un aumento de tiempo para las reposiciones de servicio, disminución de la fiabilidad operativa (en ocasiones sólo el desconocimiento del camino de entrada para el acceso a la maniobra de un seccionador conlleva retraso de horas en la reposición de servicio) y un coste económico para la empresa distribuidora, no sólo por el tiempo de acoplamiento del nuevo personal (puede oscilar en más de 24 meses), sino por la energía no comercializada por dicha falta de operatividad.

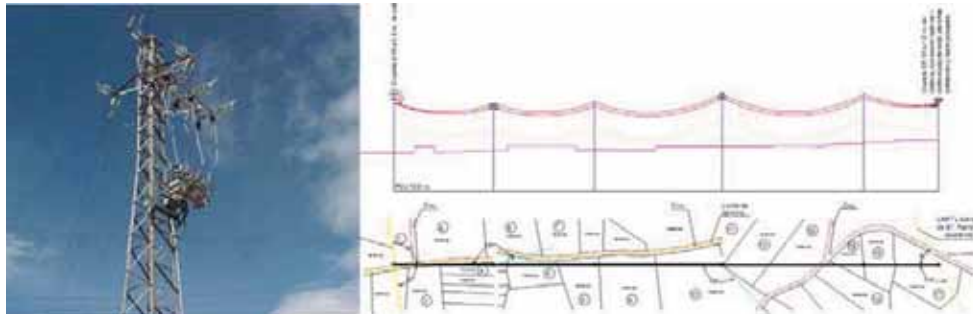


Figura 1.10: Elemento maniobra red 20 KV y plano distribución de red. Fuente: elaboración propia.

- d) Disminución de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial por desconocimiento de la información operativa de todo el sistema:

Con relativa frecuencia, en equipos críticos y que utilizan intensivamente energía para partes importantes del proceso de la empresa, se realiza un mantenimiento preventivo correcto, pero debido a la dispersión de la información, la falta de análisis inicial y la propia inercia de trabajo de de los servicios de mantenimiento, hace que no se estudien en profundidad las acciones de eficiencia energética que se pueden introducir en el elemento, y las relaciones de eficiencia que se pueden tener en cuenta de los elementos aislados en función al sistema global (Cárcel, 2010). Muchas de esas acciones o propuestas pueden ser captadas por los propios técnicos de mantenimiento que operan en la empresa, pero son mal transmitidas u olvidadas por los organos de mando del departamento de mantenimiento. Se observa en estas actividades un defecto en la transmisión y aplicación del conocimiento para conseguir una mejora de la eficiencia energética. Estas acciones de eficiencia energética en una instalación de refrigeración industrial (Figura 1.11, Tabla 1.3), no sólo dependen de un elemento aislado (compresor), sino que se debe observar la influencia de combinar velocidad con volumen de corredera y presión de aspiración, entre otros factores. En este ejemplo, acciones de análisis y mejora del conocimiento de dichas instalaciones, produjeron ahorros energéticos por la actuación de uno sólo de los compresores de 180.000 kWh, y de manera global en todo el sistema de 380.000 kWh anuales, así como una mejora en el conocimiento por parte del personal de mantenimiento, y como consecuencia una mejora de la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos.

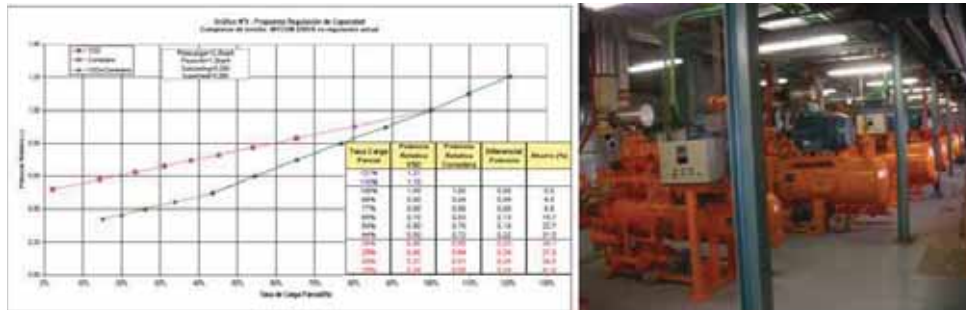


Figura 1.11: Gráfica operación compresor e imagen de grupos frigoríficos. Fuente: elaboración propia.

COMP. A9		Pot Abs (kW)	Pot frigorif (kW)	COP (sin VSD)	Pot Abs (kW)	COP (VSD)	Ahorro específico	Ahorro estimado (kWh)
Capacidad (%)	Tiempo							
95-100	13.53%	270,10	403,9	1,50	278,20	1,45	2,00%	6.404
90-95	4,98%	259,00	354,9	1,37	248,84	1,43	-3,92%	-4.429
85-90	4,31%	251,80	323,5	1,28	230,30	1,40	-8,54%	-8.125
80-85	3,89%	245,40	294,8	1,20	213,31	1,38	-13,08%	-10.929
75-80	3,40%	239,50	268,4	1,12	197,55	1,36	-17,52%	-12.513
70-75	2,86%	234,00	243,9	1,04	182,82	1,33	-21,87%	-12.809
65-70	2,44%	229,00	221,1	0,97	169,23	1,31	-26,10%	-12.765
60-65	2,84%	224,30	199,5	0,89	156,04	1,28	-30,43%	-16.979
55-60	2,84%	207,60	164,0	0,79	136,06	1,21	-34,46%	-17.787
50-55	7,07%	204,70	152,1	0,74	131,84	1,15	-35,59%	-45.119
45-50	0,71%							
40-45	0,75%							
35-40	0,74%							
30-35	0,86%							
25-30	0,86%	191,10	95,0	0,50	111,54	0,87	-42,86%	-49.471
20-25	0,87%							
15-20	0,84%							
10-15	1,27%							
0-10	44,95%	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Tabla 1.3: Tabla operación compresor en función de su capacidad y ahorro energético estimado. Fuente: elaboración propia.

e) Conducción operativa de instalaciones en un entorno de grandes dimensiones:

En entornos de grandes dimensiones como pueden ser un gran centro comercial, un parque de ocio o temático, hoteles, grandes industrias, etc., ante la operación de las instalaciones (puesta en marcha de sistemas de climatización, rearmado de interruptores de protección ante disparos fortuitos, etc), normalmente estas operaciones que consisten en operar un elemento que se encuentra en una zona diferente a la zona que queremos restablecer o poner en servicio (figura 1.12), maniobras que en sí son sencillas, suponen un tiempo importante cuando el personal que debe hacer dicha maniobra (aún teniendo experiencia como técnico de mantenimiento), desconoce donde se encuentra dicho cuadro eléctrico, o la procedencia del cuadro aguas arriba del elemento a reponer (Está en otra zona, o se encuentra dentro de un patinillo técnico no identificado, o la válvula de maniobra esta en una zona poco accesible y se ha manipulado en pocas ocasiones). Esta pérdida de operatividad (más evidente en entornos en los que el personal de



Capítulo I:
INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

mantenimiento suele estar subcontratado y suele variar la plantilla con relativa frecuencia), se muestra durante los primeros meses de acoplamiento de personal (Disminuye cuando acumulan el conocimiento tácito por la experiencia en el sitio), suponen una pérdida importante para la empresa, no sólo por la falta de operatividad hasta el acoplamiento del personal, sino debido a la repercusión del tipo de fallo (mayor tiempo en reponer el servicio), y repercusión sobre el producto producido o servicio a prestar.

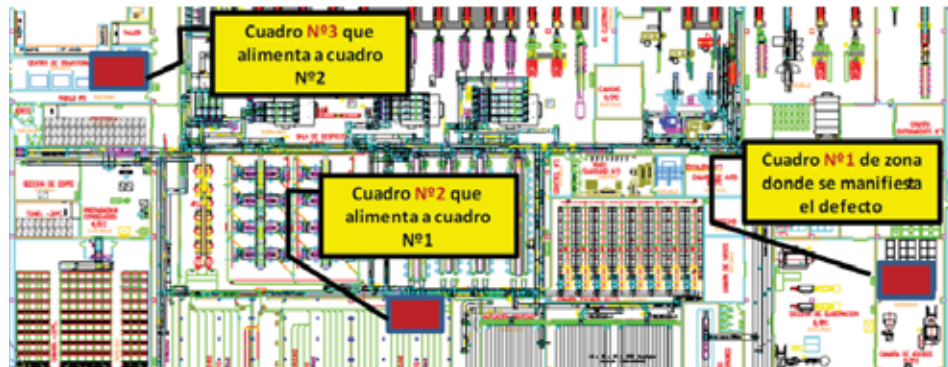


Figura 1.12: Cuadros eléctricos en una red radial en entornos de grandes superficies. Fuente: elaboración propia.

Después de aclarar la problemática existente se pueden plantear las hipótesis de trabajo sobre las que se va a sustentar la presente investigación, para conseguir un sistema de mantenimiento más eficiente utilizando técnicas de gestión del conocimiento:

- 1) H1: La utilización de técnicas de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, induce como consecuencia una *reducción de tiempo de acoplamiento operativo* del nuevo personal de dicha organización.
- 2) H2: La utilización de técnicas de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, induce como consecuencia una *reducción de tiempo de respuesta operativa ante fallos o maniobras* de las instalaciones o equipos de la empresa.
- 3) H3: La utilización de técnicas de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, induce como consecuencia una *mejora en la eficiencia energética de los sistemas* de la empresa.
- 4) H4: La utilización de técnicas de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, induce como consecuencia una mejora en la *eficiencia en la mantenibilidad de los activos tangibles* de la empresa.
- 5) H5: La adecuada Gestión del Conocimiento por parte de la organización de mantenimiento, influye de manera positiva sobre la operatividad de la empresa y unión de equipos de trabajo.

En consecuencia, el futuro de una organización de mantenimiento estará condicionado según la idoneidad y pertinencia del conocimiento que las entidades de éste obtengan, generen, apliquen, apropien, difundan y exploten al resolver sus diversas problemáticas que constituyen las barreras para alcanzar su mayor eficiencia operativa.

1.4. Alcances y limitaciones de la investigación

En esta tesis se consideran la utilización de técnicas y herramientas para la gestión de conocimiento que pueden ser de utilidad para la mejora operativa de los servicios de mantenimiento de una organización.

Se utilizarán como herramientas de investigación mediante metodologías cualitativas (Entrevistas individuales, grupos de discusión, teoría fundamentada “Grounded Theory”, etc.) (Douglas, 2004; Eich, 2008), el uso de cuestionarios tipo Linkert, para la captura de información, para la representación de conocimiento de la actividad de mantenimiento en sus misiones tácticas fundamentales como son la fiabilidad de los sistemas, la mantenibilidad, operatividad y eficiencia energética.

Se pretende validar el modelo y metodología mediante la aplicación a un caso práctico en una empresa del sector industrial con equipos críticos y una organización de mantenimiento de gran relevancia. Se elige ésta por ser representativa de una empresa mediana (alrededor de 2000 empleados), con un parque de equipamiento y maquinaria importante, y una actividad en la cual la fiabilidad de la producción es prioritaria (sector alimentario), además de reunir los requisitos necesarios en cuanto a la cantidad de procesos, personal que participa en ellos y disposición a colaborar en la investigación.

Algunas metas que persigue la investigación son las siguientes:

- Estudiar y analizar los flujos de conocimiento (en especial el tácito), investigando los mapas de conocimiento que afectan a los fines tácticos de la ingeniería de mantenimiento.
- Mejorar las condiciones de transmisión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, que produzcan una mayor rapidez en el acoplamiento operativo de nuevo personal, o de técnicos pertenecientes a otras áreas.
- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para mejora de la fiabilidad y respuesta ante fallo de los sistemas de la empresa.
- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para mejora de la eficiencia energética de los sistemas técnicos de la empresa.



Capítulo I:
INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

- Unir las técnicas y herramientas operativas de la actividad de mantenimiento con la adecuada gestión del conocimiento, para mejora de la mantenibilidad de la empresa.
- Utilizar las técnicas de gestión de conocimiento como sistema de auto-aprendizaje, decisión y sistema de reciclaje del personal, tanto de ubicación y características de las instalaciones, como de tipos de fallos y soluciones a adoptar ante fallos en las mismas.
- Utilizar la distribución del conocimiento en la adecuada planificación y control del proceso de mejora de las actuaciones de mantenimiento

Todos los objetivos arriba detallados están encaminados a conseguir un fin primordial: una efectiva acción de la actividad de mantenimiento por utilización de la gestión del conocimiento.

La principal limitación de la presente investigación es la generalización de los resultados. Los resultados de la presente investigación están limitados a una organización de mantenimiento dentro de una empresa industrial en la comunidad valenciana (España), del sector alimentario, en un convenio de investigación con la Universidad Politécnica de Valencia durante un periodo de tres años, y que reúne todas las características necesarias para el desarrollo e implicación en el estudio. Se puede inferir que las empresas similares cuentan con características afines relacionadas a la gestión del conocimiento y sus servicios de mantenimiento industrial. Los resultados puede ser extrapolados a casos similares a los aquí analizados mas no es posible hacerlo a una población en particular, ni a otro tamaño de empresa, ni a otro entorno. Al basarse gran parte de la investigación en datos cualitativos, la generalización de los resultados se basa principalmente en el desarrollo de una teoría que pueda ser extendida a otros casos y no en cómo estos resultados pueden ser extrapolados a una población (Maxwell, 1996).

1.5. Objetivos, finalidad y tipos de investigación

Se pretenden obtener de esta investigación los siguientes objetivos en función a la problemática y los puntos de partida comentados en los puntos anteriores (Tabla 1.4).

Objetivo a desarrollar	Finalidad	Tipo de Investigación
1. Estudio del estado actual de la actividad de mantenimiento, y las características de la gestión del conocimiento.	Analizar y revisar la situación del mantenimiento, desde la óptica y los resultados de estudios formalizados. Analizar los procesos de la gestión del conocimiento.	Exploratoria Documental
2. Identificar los factores clave de los modelos de organización del desempeño de las funciones del mantenimiento.	Revisión de la literatura existente, destacando los factores clave para una correcta Gestión del conocimiento, así como los indicadores fundamentales de la actividad de mantenimiento en relación a sus acciones tácticas fundamentales (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operatividad).	Teórica Exploratoria Documental
3. Identificar los cauces de los flujos de conocimiento que se producen en la actividad propia del mantenimiento.	Marcar las condiciones para la Gestión del Conocimiento, mediante metodologías cualitativas (basados en la teoría fundamentada "Grounded Theory") mediante técnicas de Focus Group y entrevistas exploratorias	Exploratoria
4. Detectar el conocimiento que tiene un valor estratégico en las acciones de mantenimiento.	Explorar el conocimiento tácito mediante el uso de técnicas cualitativas. Detectar las barreras y facilitadores implícitos en relación al transvase del conocimiento en mantenimiento.	Cuantitativa Aplicada De campo
5. Obtener indicadores en función de la Gestión del conocimiento de las acciones tácticas fundamentales de la actividad de mantenimiento	Obtener los datos relevantes, marcar las dimensiones del conocimiento, en especial el tácito, que influyen estratégicamente en la operatividad y la eficiencia de las funciones de mantenimiento.	Empírica con resultados Cuantitativa Cualitativa
6. Trazar y desarrollar un modelo teórico que unifique y cuantifique los mecanismos de transmisión del conocimiento y la gestión eficiente del mantenimiento	Desarrollar un modelo que defina la metodología, mediante técnicas de organización, y de gestión del conocimiento, para medir los estados de los puntos vitales de la gestión del mantenimiento, así como su implementación.	Teórica
7. Aplicar modelo sobre una base experimental en una industria real	Recoger datos y cuantificar los resultados del modelo propuesto mediante investigación de campo.	Cuantitativa Aplicada De campo
8. Analizar las ventajas y limitaciones del modelo según mediciones de campo	A través de los datos obtenidos realizar el análisis y conclusiones. Estudio teórico de la extrapolación a otras organizaciones empresariales con utilización del mantenimiento.	Empírica con resultados Cuantitativa Cualitativa

Tabla 1.4: Objetivos, finalidad y tipos de investigación a desarrollar. Fuente: elaboración propia.



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Por todo ello y con el fin de propugnar un estudio de aplicabilidad se entiende el validar las características propuestas por la teoría por medio de la práctica (Schippers, 2000), es decir, el dar respuesta a la cuestión principal de investigación referente a determinar cómo funcionan los cauces de conocimiento que hacen mejorar los procesos tácticos de mantenimiento.

1.6. Contenido del documento

La tesis está estructurada en forma de artículos introducidos en diferentes capítulos, que tienen el formato en el que se ha enviado a revistas y congresos para su posible publicación. Esto convierte los capítulos en unidades que se pueden leer de forma independiente teniendo todos aquellos aspectos necesarios para su perfecta comprensión (marco teórico, objetivos, resultados, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas). En este apartado se muestra una guía de los contenidos de la tesis y los diferentes artículos en la temática tratada donde se han abordado de una manera extendida.

En el *Capítulo I* “Introducción y Planteamiento de la tesis”, se explica de una manera general la temática de la investigación, planteando el problema y el plan de investigación a desarrollar.

Capítulo II “Estado de la ingeniería del mantenimiento industrial y la Gestión del Conocimiento”: Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado “*El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño*”, se analizan diferentes encuestas y estudios sectoriales en relación a la actividad de mantenimiento industrial y estrategias industriales, con el fin de realizar una aproximación a las ventajas y limitaciones de introducir técnicas de gestión del conocimiento en el desempeño del mantenimiento industrial. Para ello se ha revisado estudios formalizados, desde la óptica de aquellos datos relevantes que afectan a la actividad de mantenimiento. Se ha comenzado sobre el análisis de los cuestionarios sobre empresas (Ine, 2008), (Sepi, 2009), y ya de manera sectorial el último estudio sobre mantenimiento en España (Aem, 2010). Este artículo resumido fue presentado y aceptado en el II congreso de dirección de operaciones de la empresa celebrado en Madrid en Junio de 2011. Igualmente ha sido enviado y aceptado de una manera extendida para su publicación en la revista “Mantenimiento, Ingeniería industrial y de edificios”.

El segundo artículo preparado en este capítulo II se titula “*Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo*”. El artículo introduce en el marco teórico de la metodología básica sobre gestión del conocimiento (incidiendo en el estado del arte, sus métodos y herramientas). Posteriormente, se presenta el estudio cualitativo realizado, los resultados, la discusión de los mismos y las conclusiones del artículo. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “Intangible capital”



Capítulo III “Los modelos de Mantenimiento industrial y sus aspectos estratégicos en relación al conocimiento y la experiencia”. Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado “*Los modelos de mantenimiento industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento: Un análisis teórico*”, se realiza una revisión de los aspectos del mantenimiento industrial, para lo que, después de un breve descripción y análisis de los tipos y estrategias fundamentales utilizadas, se fijarán los elementos básicos que definen su naturaleza. De ahí, se extraerán algunas conjeturas sobre las carencias observables, dentro del mantenimiento industrial, en relación con el conocimiento y su transmisión. Se analizará, consiguientemente, el papel que ese conocimiento lleva a cabo en los sistemas de mantenimiento, que es tanto como preguntarse por los objetivos básicos, estructura y estrategias de mantenimiento y la función que en esos sistemas desempeñan, actualmente, los procesos relativos al conocimiento. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Mantenimiento, Ingeniería industrial y de edificios”.

El segundo artículo preparado en este capítulo III se titula “*Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos al conocimiento*”. En este artículo se pretende analizar los procesos ligados al conocimiento y, en concreto, los referidos a la experiencia, que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, en lo referente a la fiabilidad y disponibilidad, elementos que configuran la naturaleza del mantenimiento industrial, a partir de una conceptualización operativa generalmente aceptada. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “Journal of Quality in Maintenance Engineering”.

Capítulo IV “Análisis mediante técnicas cualitativas de los factores del Mantenimiento Industrial en relación a la Gestión del Conocimiento”. Este capítulo está estructurado en tres artículos, el primero titulado “*Los métodos de investigación cualitativa en su aplicación al mantenimiento industrial: Análisis de las ventajas y limitaciones en su utilización*”. En este artículo, se muestran de una manera introductoria las principales técnicas de investigación cualitativa, que pueden ser utilizadas en el mantenimiento industrial, mostrando las principales ventajas y limitaciones, que pueden ser observadas en su aplicación. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Industrial Maintenance & Plant Operation”.

El segundo artículo preparado en este capítulo IV titulado “*La “materia oscura” del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. Una aproximación cualitativa al problema*”. En este artículo, se pretende hacer una aproximación a identificar el carácter del conocimiento tácito que está presente de una manera muy intensa en todas las organizaciones de mantenimiento industrial y caracterizar los factores sobre los que incide, que afectan directamente a la operatividad y eficiencia de la propia organización técnica de mantenimiento e indudablemente sobre los factores tácticos de la empresa. Para tal efecto, se han realizado entrevistas con personal técnico y mandos de organizaciones de mantenimiento de diversas empresas, de sectores diferentes en la Comunidad Valenciana. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “International Journal of Production Economics”.



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO LA TESIS
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

El tercer artículo preparado en este capítulo IV titulado *“Facilitadores y barreras para la aplicación de la Gestión del Conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Un análisis mediante técnicas cualitativas”*. Este documento contiene el resultado del estudio cuyo objetivo principal fue definir un marco de referencia que permitiera comprender y abordar la Gestión del Conocimiento dentro de las actividades de mantenimiento, visualizando las acciones tácticas fundamentales que desempeña en el entorno de la empresa, así como extraer las barreras y facilitadores fundamentales que harían un servicio más eficiente con el diseño de estrategias de trabajo basadas en la creación, transmisión y utilización de conocimiento. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista *“International Journal of Productivity and Performance Management”*.

Capítulo V *“Planteamiento y Desarrollo de un Modelo de Mantenimiento Industrial basado en Técnicas de Gestión del Conocimiento”*: Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado *“Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial”*. En este artículo se plantean los principios básicos que debería tener un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial, para que con posteridad en futuras investigaciones se pueda desarrollar y aplicar dicho modelo a la organización de mantenimiento de una empresa real en operación, y con ello medir los beneficios o barreras de su utilización. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista *“electronic journal of knowledge management”*.

El segundo artículo preparado en este capítulo V se titula *“Desarrollo de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial”*. En este artículo, tras analizar la relevancia de la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, se propone un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo finaliza comentando los resultados y experiencias reales observadas en la aplicación de este modelo dentro de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista *“Journal of engineering and technology management”*.

Capítulo VI *“Aplicación del Sistema Propuesto y Resultados”*: Este capítulo está estructurado en tres artículos, el primero titulado *“Eventos Kaizen como estrategia de medición y mejora de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Análisis de resultados en una empresa industrial”*. En este artículo, se analizan los diferentes eventos utilizados dentro de dicha organización como base empírica para el desarrollo del modelo, así como conseguir unas mediciones cuantitativas, que permitan visualizar y detectar los principales beneficios y mejoras que se consiguen dentro de la empresa con la aplicación de un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la



operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo describe los eventos fundamentales realizados como base para medición de la aplicación de dicho modelo de GC, los resultados conseguidos, la discusión y las conclusiones observadas en la aplicación de la gestión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Applied Energy”.

El segundo artículo preparado en este capítulo VI titulado “*El trinomio “Eficiencia energética, Fiabilidad, Mantenibilidad”:* Relaciones y mejora con técnicas de gestión del conocimiento”. En este artículo, tras una pequeña revisión de las variables que condicionan la fiabilidad operacional, la mantenibilidad y la eficiencia energética, se pretende hacer una aproximación a las relaciones entre estos tres factores estratégicos y su relación con la aplicación de técnicas de mejora de la transmisión del conocimiento. Este artículo ha sido enviado y aceptado para su exposición en el XVI Congreso Internacional de ingeniería de proyectos, a celebrar durante el año 2012.

El tercer artículo preparado en este capítulo VI titulado “*La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Loriente S.A.*”. La finalidad de este artículo es mostrar las características relevantes de la empresa donde se ha realizado la mayor parte del proceso de investigación, marcando sus particularidades. En el artículo, se presentan las instalaciones, experiencias y decisiones tomadas, propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento de la compañía, en la implantación de un complejo industrial propiedad de Martínez Loriente SA., orientado hacia la adecuada explotación y mantenimiento con un compromiso fundamental en la consecución de la eficiencia operativa, energética y respeto medioambiental. Esta empresa ha sido premiada con diversos premios nacionales e internacionales a la excelencia, siendo el más significativo el otorgado como mejor complejo industrial del año 2009 y segunda de Europa. Este artículo resumido ha sido enviado y aceptado para su exposición en el XVI Congreso Internacional de ingeniería de proyectos, a celebrar durante el año 2012. Igualmente ha sido enviado y aceptado de una manera extendida para su publicación en la revista “Cárnicas 2000”, revista especializada del sector industrial alimentario.

Capítulo VII “Conclusiones y Desarrollos Futuros”: Se presentan las conclusiones finales y los trabajos futuros que podrían desarrollarse a partir de la presente investigación.

1.7. Referencias del capítulo

- Abancens A., Lasheras J.M. (1986). Organización industrial, organización, control y seguridad e higiene en el trabajo, Volumen I, Ed. Donostierra.
- Aem, (2010). Asociación española de mantenimiento; “Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España”. AEM, 2010.
- Bontis, N. (1996). There’s a price on your head: Managing intellectual capital strategically, verano 1996.



Capítulo I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Bravo-Ibarra, E. R.; Herrera, L. (2009). Capacidad de innovación y configuración de recursos organizativos. *Intangible capital*, 5(3): 301-320.

Camelo, C.; García, J.; Sousa, E. (2010). Facilitadores de los procesos de compartir conocimiento y su influencia sobre la innovación. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 42: 35-74.

Cárcel Carrasco, F.J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.

Cárcel Carrasco, F.J. (2011). El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño. Artículo 2º Congreso de dirección de operaciones en la empresa, Junio, Madrid 2011.

Chacón, J. (2001). Tesis Doctoral, Diagnóstico de fallos mediante la utilización de información incompleta e incierta. UPV Valencia España.

Díez de Castro, J.; Redondo, C.; Barriero, B.; López, M. (2002). Administración de empresas. Dirigir en la sociedad del conocimiento. Madrid: Editorial Pirámide.

Douglas, D (2004). "Grounded theory and the 'And' in entrepreneurship research ". *Electronic Journal of Business Research Methods*, Vol. 2, nº. 2.

Eich, D. (2008). "A Grounded Theory of High-Quality Leadership Programs: Perspectives From Student Leadership Development Programs in Higher Education". *Journal of Leadership and Organizational Studies*, Vol. 15, nº. 2, págs. 176-187.

Fredberg, T. (2007). Real options for innovation management. *International Journal of Technology Management*, 39(1/2): 72-85. doi:10.1504/IJTM.2007.013441.

García, M.; Leal, M. (2008). Evolución histórica del factor humano en las organizaciones: de recurso humano a capital intelectual. *Omnia*, 14(3): 144-159.

Gonzalez Fernandez, F.J. (2003). *Mantenimiento industrial avanzado*, Ed. Fundación Confemetal.

González, R.; García, E. (2011). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 2011 – 7(1):82-115 - ISSN: 1697-9818 doi:10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115.

Hiebeler. R. (1996). *Benchmarking knowledge management, Strategy-Leadership*, Marzo-Abril 1996.

Ine, (2008). Instituto nacional de estadística; "Panorámica de la industria", INE, Madrid.

Jabaloyes Vivas J., Carot Sierra J.M., Carrión García A.(2010), *Introducción a la gestión de la calidad*, Ed. UPV.

Lundvall, B; Nielsen, P. (2007). Knowledge Management and Innovation Performance. *International Journal of Manpower*, 28(3/4): 207-223. doi:10.1108/01437720710755218.

Macián V., Tormos B., Lerma M.J., Salabert J.M. (2010). *Sistemas de gestión de mantenimiento asistido por ordenador*, Ed. UPV, 2010.

Marvel, M.; Rodríguez, C.; Núñez, M. (2011). La productividad desde una perspectiva humana: Dimensiones y factores. *Intangible Capital* - <http://dx.doi.org/10.3926/ic.2011.v7n2.p549-584>.

Maxwell, J. A. (1996). *Qualitative Research Design. An Interactive Approach*. California: Sage Publications.

MIE (1995). Ministerio de industria y energía. "Manual para la Implantación de una Gestión Racional del Mantenimiento Industrial", Madrid.

Monchy F., (1990). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial*. Ed. Masson.

Mora Gutierrez, A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas de servicios e industriales-AMG*.

Petras, G. (1996). Dow's journey to a knowledge value management culture. *European management journal*, Agosto.

Robbins, S.; Judge, T. (2009). *Comportamiento Organizacional*. Decimotercera edición. México: Pearson Educación.

Schippers, W, A, J. (2000) *Structure and applicability of quality tools*. Tesis doctoral. Eindhoven University of Technology, Holanda.

Sepi, (2009). Fundación Sepi, Ministerio industria, turismo y comercio; "Encuesta sobre estrategias empresariales", SEPI, Madrid.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

**Capítulo II. Estado de la Ingeniería del
mantenimiento Industrial y la Gestión del
Conocimiento**



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

2. Introducción al Capítulo II

Objetivo del Capítulo

En este capítulo se presentan los antecedentes y el estado del arte de las características que inciden en la ingeniería del mantenimiento desde el punto de vista de su gestión del conocimiento. Se comenzará con un análisis sectorial, basado en estudios formalizados sobre el sector de mantenimiento en la industria española, describiendo los factores sobre los que tiene incidencia dicha actividad. Posteriormente se presentan las características generales que influyen en la gestión del conocimiento.

Artículos relacionados con el Capítulo II.

Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado “*El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño*”, se analizan diferentes encuestas y estudios sectoriales en relación a la actividad de mantenimiento industrial y estrategias industriales, con el fin de realizar una aproximación a las ventajas y limitaciones de introducir técnicas de gestión del conocimiento en el desempeño del mantenimiento industrial. Para ello se ha revisado estudios formalizados, desde la óptica de aquellos datos relevantes que afectan a la actividad de mantenimiento. Se ha comenzado sobre el análisis de los cuestionarios sobre empresas (Ine, 2008), (Sepi, 2009), y ya de manera sectorial el último estudio sobre mantenimiento en España (Aem, 2010). Este artículo resumido fue presentado y aceptado en el II congreso de dirección de operaciones de la empresa celebrado en Madrid en Junio de 2011. Igualmente ha sido enviado y aceptado de una manera extendida para su publicación en la revista “Mantenimiento, Ingeniería industrial y de edificios”.

El segundo artículo preparado en este capítulo II se titula “*Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo*”. El artículo introduce en el marco teórico de la metodología básica sobre gestión del conocimiento (incidiendo en el estado del arte, sus métodos y herramientas). Posteriormente, se presenta el estudio cualitativo realizado, los resultados, la discusión de los mismos y las conclusiones del artículo. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “Intangible capital”.



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

2.1. El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



El estado del mantenimiento en España, estudio de encuestas sectoriales: Aproximación a las ventajas y limitaciones en introducir modelos de Gestión del Conocimiento en su desempeño.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de
Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail:
fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: El mantenimiento industrial, siendo una de las actividades estratégicas en las empresas, sigue teniendo grandes deficiencias según se puede extraer de las encuestas sectoriales y de gestión de las empresas, en especial en su relevancia en cuanto a la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, que por las características propias de su desempeño, debe tener gran capacidad técnica, formación continua, y debido a las características del trabajo, es intensivo en mano de obra, basándose en gran medida su trabajo en la propia experiencia y con un gran componente de conocimiento tácito. En este artículo se hace un análisis de las últimas encuestas y cuestionarios realizados en el sector, estudiando en base a ellas las principales carencias tácticas y en especial en su relevancia en la gestión del conocimiento. Como conclusión se hará una aproximación a las ventajas y limitaciones de introducir modelos de gestión del conocimiento en su desempeño.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento, Gestión de empresas, Encuestas sectoriales.

Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y SU CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

Existen multitud de estudios de benchmarking en relación con la actividad de mantenimiento y su relevancia en diferentes sectores y áreas nacionales (Wireman, 2004; Kommonen, 2002; Yam et al. 2000; Khade, et al., 1996; Chen, 1994), que marcan su papel estratégico fundamental en la productividad y eficiencia de las empresas (Al-Turki , 2011; Alsyouf, 2007; Khalil et al., 2009; Liyange, 2003; Silva, 2004; Murthy et al, 2002; Tsang, 2002), y hace relevante el estudio de sus costes para hacer más operativo el servicio prestado (Salonen et al., 2011; Oke, 2005; Schiffauerova et al., 2006). Es el objetivo de este artículo, el analizar diferentes encuestas y estudios sectoriales en relación a la actividad de mantenimiento industrial y estrategias industriales, con el fin de realizar una aproximación a las ventajas y limitaciones de introducir técnicas de gestión del conocimiento en el desempeño del mantenimiento industrial. Para ello se ha revisado estudios formalizados, desde la óptica de aquellos datos relevantes que afectan a la actividad de mantenimiento en España. Se ha comenzado sobre el análisis de los cuestionarios sobre empresas (Ine, 2008; Sepi, 2009), y ya de manera sectorial el último estudio sobre mantenimiento en España (Aem, 2010).

Existe literatura abundante, sobre las diversas técnicas organizativas de mantenimiento, como el basado en la fiabilidad (RCM) (Rausand, 1998; Kumar, 1990; Moubray ,1991; Smith,1992; Geraghty,1996), el mantenimiento productivo total (TPM) (Nakajima , 1988, 1989; Lazim, 2008; Ahuja; 2008a, 2008b; Chan, 2005), el mantenimiento efectivo (Conde, 1999; Cárcel, 2010), proactivo (Inacio da Silva et al., 2008; Oiltech,1995; Pirret,1999), reactivo (Idhammar,1997; Mora,1999), de clase mundial WCM (Hiatt,1999), mantenimiento centrado en el riesgo (Arunraj et al., 2010; Modarres, 2006; Tavares,1999), así como otros muchos modelos teóricos. Hay que tener en cuenta, el nivel estratégico de dicha actividad, con gran dependencia sobre las áreas de producción o servicios (Rodríguez, 2001, 2003).

Es importante aclarar que no todas las empresas evolucionan históricamente al pasar por cada una de las tácticas en forma secuencial, simplemente adoptan una propia que reúne las mejores prácticas de varias de ellas, para recalcar que el *TPM* es la más básica de todas. A efectos de comprender el estado del mantenimiento industrial, y definir los planteamientos para su introducir modelos de gestión del conocimiento en las organizaciones de mantenimiento, parece oportuno revisar la situación del mantenimiento industrial en nuestro país, desde la óptica y los resultados de estudios formalizados.

En primer lugar, hay que hacer notar que en nuestro país, la formación universitaria en Mantenimiento es escasa, por no decir testimonial. Y la formación en planta se ha visto relegada a cursos y seminarios basados tan sólo en los aspectos técnicos (hidráulica, neumática, mecánica,...) obviando la formación de las áreas de gestión de mantenimiento y la de formación de Jefes o Responsables de Mantenimiento.

Por otra parte, se debe señalar que la actividad de mantenimiento aparece como una de las asignaturas pendientes de la industria española, muy olvidada en las pequeñas y medianas empresas, y que queda en manos de unas pocas industrias y expertos que han ido incorporando al acervo de planta una cultura básica de mantenimiento industrial.

A continuación, se resumen los extractos y resultados más destacados de estudios formalizados, que inciden sobre la actividad principal del mantenimiento.

2. Análisis de estudios formalizados de los factores de incidencia sobre la producción y mantenimiento en las empresas.

Estado actual empresas:

El sector industrial español está constituido (Figura 1), según datos obtenidos del Directorio Central de Empresas (DIRCE) por más de 245.000 empresas (a 1 de enero de 2008), lo que representa un 7% del total de empresas del directorio (la agricultura se queda fuera del ámbito poblacional del DIRCE). En la Tabla 1 se recoge el número de empresas del DIRCE distribuidas por ramas de actividad para los años 1999 y 2008. En ese decenio aumentó el número total de empresas así como la importancia relativa del sector de la construcción con respecto a los otros dos sectores: servicios e industria. En España, la mayoría de las empresas se dedican al sector servicios (78%) mientras que a la industria se dedican, de media, sólo 7 de cada 100.

Actividad	1999	% sobre total	2008	% sobre total	Variación 2008/1999 (%)
TOTAL	2.518.801	100	3.422.239	100	136
Industria	237.782	9	245.588	7	103
Construcción	271.616	11	501.056	15	184
Servicios	2.009.403	80	2.675.595	78	133

Fuente: Directorio Central de Empresas. INE

Tabla 1: Número de empresas por rama de actividad en España 2008. Fuente: (INE, 2008)

La Tabla 2 presenta un análisis más detallado del número de empresas de servicios, industria y construcción según el número de asalariados. Si bien las empresas industriales representan un 7% del total, en las que cuentan con 20 y más ocupados los porcentajes se mantienen superiores al 20% en todos los intervalos; es decir la importancia relativa de la industria aumenta con el tamaño de las empresas y alcanza un máximo en el intervalo de 20 a 100 ocupados, en el que una de cada cuatro empresas se dedica a la industria.

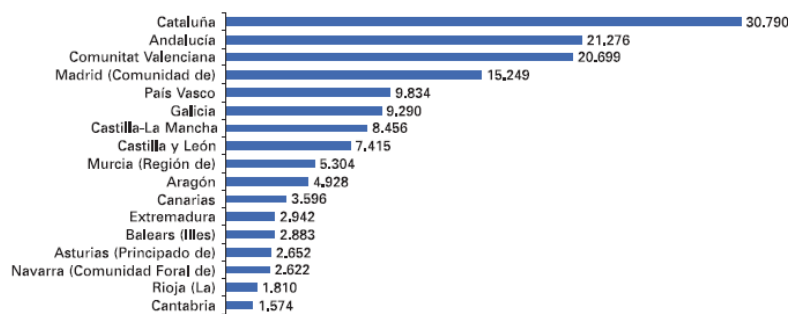


Figura 1: Número de empresas industriales por comunidad autónoma en España 2008. Fuente: (INE, 2008)



(Porcentaje)

	Industria	Construcción	Servicios
TOTAL	7	15	78
Sin asalariados	5	13	82
De 1 a 9	8	15	77
De 10 a 19	19	23	58
De 20 a 49	25	23	51
De 50 a 99	25	18	56
De 100 a 499	23	15	62
500 y más	20	7	72

Fuente: Directorio Central de Empresas. INE

Tabla 2: Empresas por actividad y tamaño en España 2008. Fuente:(INE,2008)

Para marcar la importancia de la industria española en el conjunto de la Unión Europea, se pueden extraer los datos de la Tabla 3. Los datos europeos de Contabilidad Nacional referidos al periodo 1997-2007 muestran una evolución similar al caso español: aumento de los sectores de la construcción y de los servicios y una paulatina disminución de la importancia de la industria europea en el total de la economía. Si en 1997 esa participación era del 23,3%, en 2007 ha pasado a ser del 20,2%. En el mismo periodo el sector agrícola ha disminuido del 2,8% al 1,8%.

La heterogeneidad en la composición sectorial de los veintisiete países que integran la UE se visualiza en la Tabla 3. Hay siete países en los que la industria aporta la cuarta parte del valor añadido de sus respectivas economías: Alemania, Eslovaquia, Eslovenia, Finlandia, Hungría, la República Checa y Rumanía. En el resto la participación de la industria está por debajo de esa cifra y llega a ser inferior al 10% en Chipre y Luxemburgo.

De estos datos se puede ver la evolución de la participación industrial en España y en el conjunto de la Unión Europea, así como la de los dos países en los que la industria tenía en 1997 la mayor y la menor importancia en su propia economía (Irlanda y Chipre respectivamente) y el país que más aporta al sector industrial en la UE (Alemania) y que además, junto con Eslovaquia, son los dos únicos países en los que la participación del sector industrial en el valor añadido total respectivo, sigue una tendencia alcista.

(Porcentaje sobre el total de cada país)

	Industria	Agricultura	Construcción	Servicios
UE-27	20,2	1,8	6,4	71,6
República Checa	32,6	2,4	6,3	58,7
Eslovaquia	31,3	3,5	7,9	57,2
Rumanía	27	6,4	10,1	56,6
Alemania	26,4	0,9	4	68,7
Eslovenia	26,4	2,4	8	63,3
Finlandia	26,2	3,2	6,4	64,1
Hungría	26,1	4	4,7	65,4
Polonia	24,5	4,2	7,2	63,9
Bulgaria	24,1	6,2	8,2	61,6
Irlanda	23,7	1,7	9,9	64,8
Austria	23,6	1,8	7,1	67,7
Dinamarca	23,4	1,4	4,9	70,2
Lituania	22,6	4,5	10,2	62,7
Italia	21,4	2,1	6,1	70,4
Estonia	21,2	2,8	9,1	66,9
Dinamarca	20,3	1,2	6,1	72,4
Países Bajos	18,8	2	5,6	73,6
Bélgica	18,7	0,8	6,3	75,2
Malta	18,3	2,6	2,6	76,6
Portugal	18	2,5	6,5	73,1
España	17,5	2,9	12,3	67,4
Reino Unido	16,7	0,6	6,4	76,3
Letonia	14,2	3,6	9	73,2
Francia	14,1	2,2	6,3	77,4
Grecia	13,3	3,9	7	75,9
Chipre	8,8	2,2	9,1	79,9
Luxemburgo	9,9	0,4	5,9	84

Fuente: Eurostat

Tabla 3: Participación de cada rama en el valor añadido de la UE-27. 2007. Fuente:(Eurostat,INE,2008)

Para ver la perspectiva de los sectores industriales a nivel mundial, se pueden observar los datos

proporcionados por la OCDE que se presentan en la Tabla 4, confirman los cambios estructurales mencionados con anterioridad: la paulatina disminución de la participación de la industria manufacturera en la economía de la mayor parte de los países.

La tabla presenta la distribución porcentual por sectores del valor añadido de cada país, distinguiendo entre agricultura, industria y construcción y sector servicios y permite comparar datos relativos a 2007 y 1997. En el periodo 1997-2007 la participación de la agricultura ha disminuido en todos los países; en cuanto al sector servicios los porcentajes han aumentado en todos, salvo en Canadá, Noruega y Australia. En la tabla están agrupados los sectores de la industria y la construcción e incluye datos porcentuales tanto para ese total como para el subconjunto de la industria manufacturera, lo que permite confirmar que es en esta última en dónde la disminución porcentual es más acusada. Del total de países analizados, sólo en Suiza y Corea aumenta la aportación de las manufacturas, mientras que son cinco los países que experimentan incrementos en la participación del total de la industria-construcción (Australia, Canadá, España, México y Noruega).

En el caso particular de España, si bien la participación total de la industria-construcción aumenta medio punto porcentual, el conjunto de la actividad manufacturera disminuye 3,8 puntos porcentuales descendiendo de un 19% a un 15,2%.

País	Agricultura		Industria y construcción				Servicios	
	% del valor añadido		% del valor añadido		% del valor añadido		% del valor añadido	
			Total	Manufacturera				
	2007	1997	2007	1997	2007	1997	2007	1997
Canadá	-3) 2,2	2,5	-3) 31,7	30,9	-3) 16,2	18,0	-3) 66,1	66,6
Estados Unidos ²	1,3	1,7	21,8	25,5	13,3	17,3	76,9	72,8
México	-1) 3,3	5,5	-1) 35,8	35,2	-1) 18,9	21,4	-1) 60,9	59,2
Islandia ³	-2) 5,8	9,8	-2) 23,7	28,9	-2) 10,1	16,4	-2) 70,5	61,3
Suiza	1,2	1,8	28,0	28,5	20,3	20,1	70,8	69,8
Noruega	1,4	2,4	42,7	37,1	10,4	12,3	55,9	60,4
España	2,9	5,0	29,8	29,3	15,2	19,0	67,4	65,7
Turquía	8,7	10,8	27,8	37,2	18,7	27,9	63,5	52,2
Corea	2,9	5,2	37,1	37,9	27,6	25,6	60,0	56,2
Japón ³	1,4	1,7	28,5	32,8	20,6	22,2	70,1	65,5
Australia	2,6	3,4	29,1	27,7	10,5	14,3	68,4	68,9
Nueva Zelanda ⁴	-3) 6,2	6,8	-3) 24,6	25,5	-3) 15,3	16,9	-3) 69,2	67,6

1. Según el Sistema Nacional de cuentas para el año 1993 y la Clasificación Industrial Estandar Internacional (ISIC), Revisión 3 (1990). Valor añadido estimado a precios básicos incluye el FISIM
 2. Valor añadido estimado al coste de los factores
 3. Valor añadido estimado aproximadamente a precios de mercado
 4. Valor añadido estimado a precios de productor
 - n. Las cifras en estas celdas son de años anteriores (posteriores, si -n) al año de referencia. Por ejemplo si la columna se refiere a 2007, una celda con '-1' hace referencia a 2006
 Fuente: La OCDE en cifras 2009. OCDE

Tabla 4: Participación de cada rama en el valor añadido de la UE-27. 2007. Fuente: (Eurostar, INE, 2008)

Los gastos de las empresas que inciden en mantenimiento:

El estudio de los gastos de explotación, una vez descritas y comentadas las distintas componentes de los ingresos, permite completar, en una primera aproximación, el análisis de la actividad productiva de las empresas.

La distribución de las partidas que constituyen los gastos de explotación aparece reflejada en la Tabla 5.

Se pone de relieve que los consumos son, sin duda, la componente más importante de la estructura de gastos, con un porcentaje de participación sobre el total superior al doble de la suma de los porcentajes del resto de componentes.

Consumos y trabajos realizados por otras empresas Gastos de personal Servicios exteriores Dotaciones para amortización del inmovilizado

Si se analiza la estructura de los gastos a nivel de agrupaciones de actividad, se observa que los consumos se mantienen en todas ellas como la componente más importante. No obstante, los porcentajes



son lógicamente variables de unas actividades a otras, por lo que aumenta, en determinadas agrupaciones, la importancia relativa de las otras componentes de gasto. En concreto destacar que, en cuatro agrupaciones de actividad, los gastos de personal llegan a superar el 20% de los gastos totales de explotación: en la industria textil, confección, cuero y calzado (21%); papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados (22%); maquinaria y equipo mecánico (21%); y en industrias manufactureras diversas (23%). A parte de la variable de gastos de personal, las otras dos componentes más relevantes del gasto son: los consumos y los servicios exteriores.

El concepto global de consumos y trabajos realizados por otras empresas incluye tanto el consumo de materias primas (bienes adquiridos para su transformación en el proceso productivo), como el de otros aprovisionamientos (combustibles, carburantes, repuestos, embalajes, material de oficina, etc.) y el de mercaderías (bienes adquiridos para revenderlos sin someterlos a un proceso de transformación), así como el gasto correspondiente al trabajo que, formando parte del proceso de producción propia, se encarga y es realizado por otras empresas.

El análisis interno de la variable consumos, muestra que el consumo de materias primas representa, en media, el 66% de la cifra total, siendo el componente mayoritario en todas las agrupaciones de actividad.

	Millones de euros	% sobre el total
Consumos y trabajos realizados por otras empresas	400.621	67,7
Gastos de personal	83.206	14,1
Servicios exteriores	84.628	14,3
Dotaciones para amortización del inmovilizado	22.999	3,9

Tabla 5: Gastos de explotación en las empresas. 2007. Fuente:(INE,2008)

Dentro del total de gastos de explotación, los servicios exteriores representan, en media, un 14,3% del total, lo que supone una cifra muy semejante a la correspondiente a los gastos de personal (14,1%). No obstante, su importancia sobre el total de gastos de explotación varía según la agrupación de actividad considerada, fluctuando desde el 8% de las industrias extractivas y del petróleo, hasta el 23% de la industria del papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados.

La distribución porcentual de los servicios exteriores entre sus distintas componentes de gasto se presenta en la Tabla 6. Los datos de la tabla van referidos a empresas con 20 y más trabajadores, y ponen de manifiesto la importancia en el desarrollo de la actividad de las empresas de determinados servicios tales como el transporte, los suministros, las reparaciones y los servicios de profesionales independientes.

	Millones de euros	% sobre el total
Transportes	12.645	16,8
Suministros	11.234	14,9
Reparaciones y conservación	8.928	11,9
Servicios de profesionales independientes	8.410	11,2
Publicidad, propaganda y relaciones públicas	7.915	10,5
Arrendamientos y cánones	7.346	9,8
Primas de seguros	1.558	2,1
Gastos en I+D del ejercicio	1.071	1,4
Servicios bancarios y similares	699	0,9
Otros servicios	15.456	20,5

Nota: datos referidos a empresas con 20 y más personas ocupadas

Tabla 6: Servicios exteriores en las empresas, 2007. Fuente:(INE,2008)

El empleo, los costes de personal y el nivel de salarios constituyen, en conjunto, un atractivo campo de estudio dentro del análisis general de la estructura industrial. No sólo por sus implicaciones económicas y sus repercusiones sobre el volumen de gastos, sino también por la componente social que a ellos va asociada.

Los costes de personal han experimentado durante ese mismo periodo una progresiva pérdida de importancia en relación con el total de gastos de explotación de las empresas. En 1993 los gastos de personal suponían el 22% del total de gastos, porcentaje que se ha ido reduciendo paulatinamente hasta alcanzar el 14% en 2007. En la figura 2 presenta tanto la evolución de los gastos de personal por ocupado (creciente al incorporar el efecto de la inflación) como la del ratio gastos de personal sobre gastos de explotación, poniéndose de relieve el descenso en 8 puntos porcentuales del mismo.

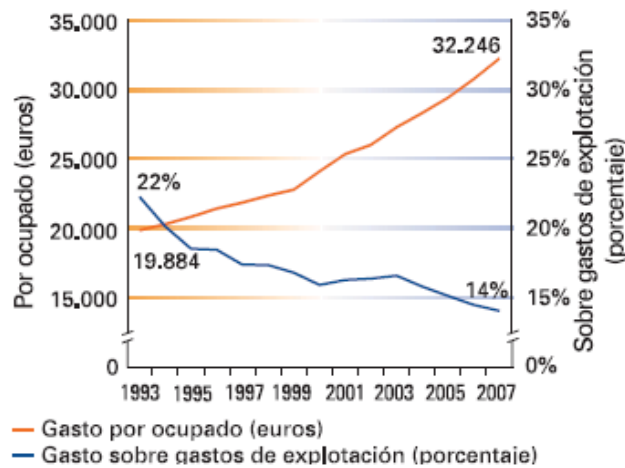


Figura 2: Gastos de personal en la industria en España 2008. Fuente: (INE, 2008)

El sueldo por persona asalariada en el sector industrial español fue en 2007 de 25.127 euros. Dentro de los sectores, la agrupación de mayor salario, energía y agua, supera en más del doble a la agrupación de menor salario medio, la industria textil, confección, cuero y calzado.

Desde otro punto de vista, en el ámbito europeo efectuamos una comparación de la importancia relativa de los costes de personal a través de dos ratios. El primero de ellos aparece en la figura 3 donde se representa la relación entre los costes de personal y los respectivos valores de producción. En 2007 y para la media europea los costes de personal supusieron un 15% del valor de la producción. Las cifras por países oscilan desde el 9% de Irlanda al 19% de Chipre. España ocupa en esa escala el décimo-cuarto lugar con un 14%.

La dimensión de la empresa y la rama de actividad son dos de los factores que influyen en la productividad industrial. La relación existente entre productividad y dimensión de la empresa (expresada en términos de número de personas ocupadas) se observa en la figura 4, en el que se visualiza la productividad media por ocupado para cada uno de los distintos intervalos de tamaño en los que se clasifica a las empresas industriales.



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

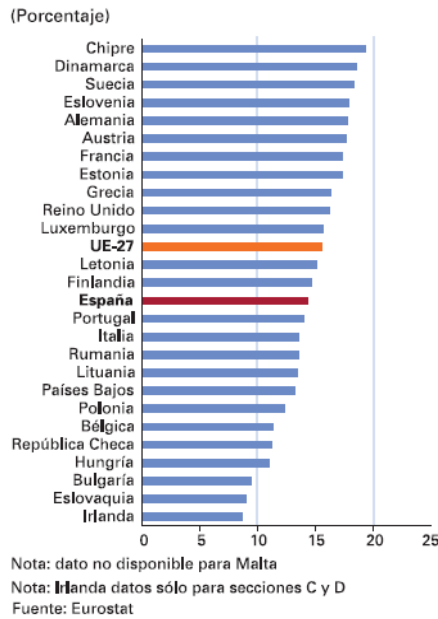


Figura 3: Costes de personal sobre valor de producción. Fuente:(INE,2008)

En la figura 4 se resalta el aumento progresivo de la productividad a medida que aumenta el tamaño de la empresa, así como las variaciones existentes en los incrementos de productividad de unos intervalos a otros. Por ejemplo, el porcentaje de variación entre los dos primeros intervalos correspondientes a las empresas de menor tamaño (6%) se transforma en un 32% al calcular el incremento entre los dos de mayor tamaño.

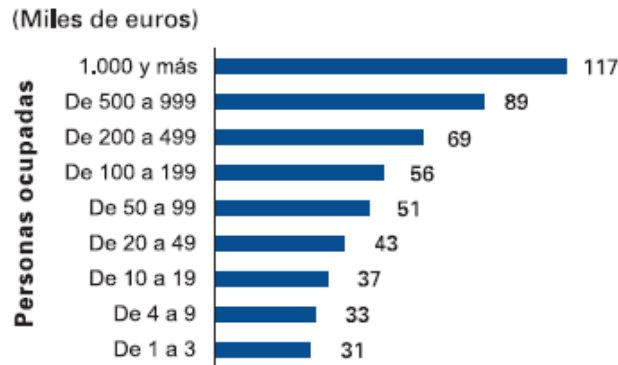


Figura 4: Productividad por ocupado y tamaño de la empresa en España. Fuente:(INE,2008)

Otro factor a tener en cuenta en el estudio de la productividad es la rama de actividad. Las diferencias de productividad, si se consideran los 3 grandes sectores industriales, son ya significativas (ver figura 5). A un mayor nivel de detalle en la desagregación de actividad, si se tienen en cuenta las catorce agrupaciones en las que se ha dividido la industria, se aprecian también notables diferencias de productividad entre las mismas (ver Tabla 7).

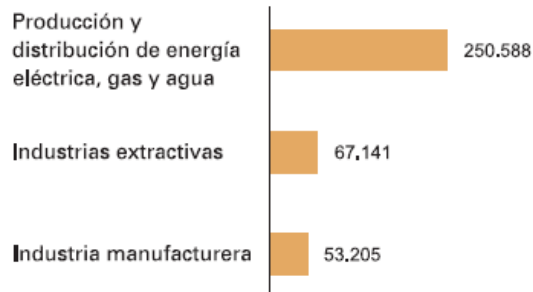


Figura 5: Productividad por ocupado y actividad de la empresa en España. Fuente:(INE,2008)

Agrupación	Euros
Energía y agua	250,588
Industrias extractivas y del petróleo	159.927
Industria química	81.228
Productos minerales no metálicos	60.232
Material de transporte	59.625
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	57.413
Papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	54.635
Alimentación, bebidas y tabaco	52.173
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	51.736
Maquinaria y equipo mecánico	50.930
Caucho y materias plásticas	47.869
Madera y corcho	34.090
Industrias manufactureras diversas	32.388
Industria textil, confección, cuero y calzado	28.186

Tabla 7: Productividad por ocupado y agrupación actividad de la empresa en España. Fuente:(INE,2008)

La productividad por ocupado se incrementa a medida que aumenta el tamaño de las empresas.

La productividad de las grandes empresas (con más de 1.000 ocupados) es más del triple de la correspondiente a las de menos de 20 ocupados.

La productividad por hora trabajada en el sector de energía y agua es superior a la de la industria extractiva y del petróleo y a la de la industria manufacturera.

Dentro de la industria manufacturera, la mayor productividad por ocupado se da en la industria química (81.228 euros), y la menor en la industria textil, confección, cuero y calzado.

Características de la inversión en las empresas, que afectan al mantenimiento:

En cuanto la inversión en activos materiales del sector industrial español fue en 2007 de 28.121 millones de euros, lo que representa un 4,5% del total de la cifra de negocios de la industria. Según datos europeos del año 2007, España ocupa la posición undécima en cuanto a inversión bruta por ocupado con un dato de 11.477 euros.

A partir de los datos ofrecidos por la Encuesta Industrial de Empresas se puede analizar la estructura de la inversión y conocer asimismo la importancia que tiene cada uno de sus componentes determinando su participación en la cuantía total.

Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y SU CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Figura 6: Componentes de la inversión en las empresas. Fuente:(INE,2008)

Se observa (figura 6) que la inversión conjunta en instalaciones y maquinaria es de una gran relevancia en la industria, constituyendo en 2007 el 67% de la inversión total. Dentro del conjunto de otros activos materiales (14%) figuran incluidos los elementos de transporte (2%) y los equipos informáticos (1%). En cuanto a la rúbrica de terrenos, bienes naturales y construcciones, éstas últimas contribuyen con un 9% mientras que los terrenos y bienes naturales suponen el 3% restante.

Algunas de las conclusiones que se pueden extraer en cuanto la inversión en las empresas, es que el ratio de la inversión material por persona ocupada se incrementa a medida que aumenta el tamaño de la empresa. Las medianas y pequeñas empresas acumulan el 49% de la inversión en activos materiales.

Consumos energéticos en las empresas:

Los datos de la Encuesta Industrial de Empresas permiten analizar la participación del gasto en consumos energéticos en el total de gastos de explotación, y en 2007 dicha participación es del 2,3% para el conjunto de empresas con 20 y más personas ocupadas. Este porcentaje ha ido aumentando, en líneas generales, de una forma progresiva desde principios de la década, estimándose para el conjunto del periodo un incremento global en términos porcentuales del 20%.

Una de las características relevantes en relación a esta variable es su fuerte dependencia de la rama de actividad considerada. Esto puede observarse a nivel de agrupación de actividad, y se manifiesta, en mayor medida, al nivel más detallado de sector de actividad. La Figura 7 presenta una distribución por agrupaciones de la importancia porcentual del consumo energético en relación al total de gastos de explotación y muestra la importancia de los consumos energéticos en algunas agrupaciones, como es la de productos minerales no metálicos, en la que llega a suponer un 7,5% del total de gastos de explotación.

Ya se ha señalado que la importancia relativa de los consumos energéticos en las empresas depende, en gran medida, del sector de actividad al que pertenezcan. Los sectores en los que los consumos energéticos tienen una mayor repercusión sobre el gasto son los de fabricación de azulejos, baldosas, ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción (15%); cemento, cal y yeso (14%); pasta papelera, papel y cartón (12%); fibras artificiales y sintéticas (10%); acabado de textiles (10%); y extracción de minerales no energéticos (10%). En el extremo opuesto están sectores tales como los de edición; máquinas de oficina y equipos informáticos; motores eléctricos, transformadores y generadores; aparatos de recepción, grabación y reproducción de sonido e imagen; vehículos de motor; y motocicletas, bicicletas y otro material de transporte en los que la participación de los consumos energéticos es inferior al 0,5% del total de gastos de explotación.

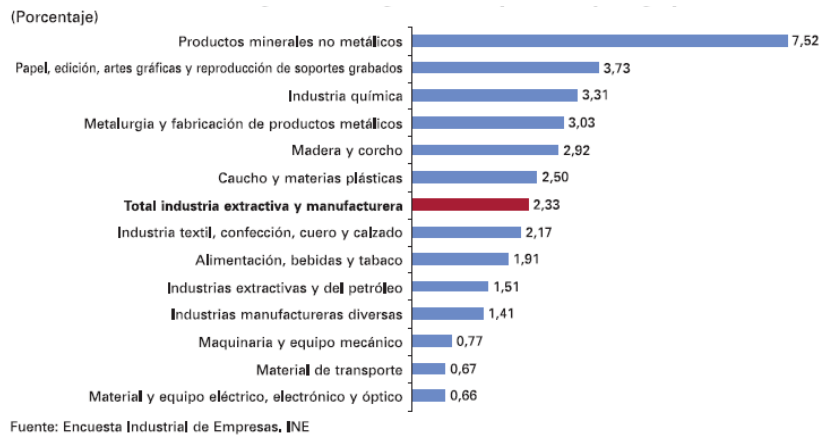


Figura 7: Consumos energéticos sobre gastos de explotación. Fuente:(INE,2008)

La Tabla 8 proporciona información sobre la importancia porcentual del consumo de cada tipo de combustible en el conjunto de la industria extractiva y manufacturera. La electricidad supone casi la mitad del consumo energético de las empresas industriales (48%). El gas (28%) y los productos petrolíferos (18%) son los otros dos componentes, cuyo consumo es más relevante en el conjunto de la industria.

Producto energético	Valor (miles de euros)	Porcentaje sobre el total
Total	10.980.004	100
Electricidad	5.302.029	48
Gas	3.047.604	28
Productos petrolíferos	1.925.778	18
Carbón y derivados	295.188	3
Otros productos energéticos	409.404	4

Fuente: Encuesta de Consumos Energéticos. INE

Tabla 8: Distribución de los consumos energéticos. Fuente:(INE,2008)

En la Tabla 9 se presenta la distribución porcentual de los distintos consumos energéticos por agrupaciones de actividad.

Destaca la elevada participación porcentual del consumo de electricidad tanto en la industria del caucho y materias plásticas (77%) como en la de material y equipo eléctrico (72%) y la del consumo de gas en la industria química (43%). Por otra parte, es también significativo el consumo de carbón y derivados en la industria de productos minerales no metálicos (12%) en comparación con el resto de agrupaciones.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

(Porcentaje)

Agrupación	Electricidad	Gas	Productos petrolíferos	Carbón, derivados y otros productos energéticos
Industrias extractivas y del petróleo	47	12	38	3
Alimentación, bebidas y tabaco	49	24	24	3
Industria textil, confección, cuero y calzado	55	28	14	3
Madera y corcho	58	11	27	4
Papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	46	38	8	7
Industria química	37	43	11	8
Caucho y materias plásticas	77	12	7	4
Productos minerales no metálicos	32	36	20	12
Metalurgia y fabricación de productos metálicos	61	22	13	5
Maquinaria y equipo mecánico	57	15	26	2
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	72	9	17	1
Material de transporte	62	20	15	4
Industrias manufactureras diversas	58	6	31	5

Fuente: Encuesta de Consumos Energéticos. INE

Tabla 9: Consumos energéticos por agrupación de actividad. Fuente: (INE, 2008)

En cuanto a la energía, como conclusiones, se puede extraer que la electricidad supone casi la mitad del consumo energético de las empresas industriales (48%). El gas (28%) y los productos petrolíferos (18%) son los otros dos componentes, cuyo consumo es más relevante en el conjunto de la industria.

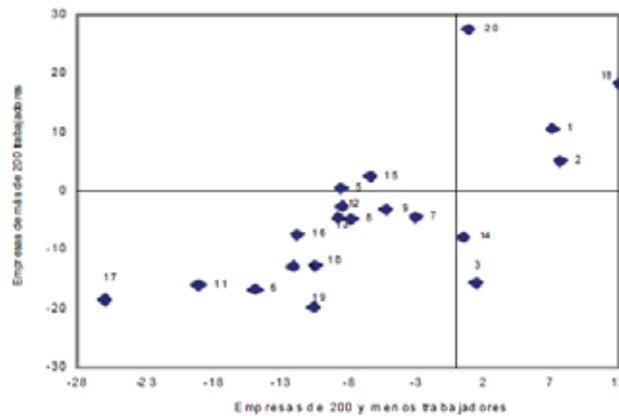
La electricidad es mayoritaria en todas las actividades salvo en la industria química y en la de productos minerales no metálicos, en las que el mayor consumo corresponde al gas. Los productos petrolíferos destacan por su importancia en extractivas y del petróleo; madera y corcho; maquinaria y equipo mecánico; e industrias manufactureras diversas. Por su parte, la industria de productos minerales no metálicos tiene un consumo significativo del carbón y sus derivados.

Otras consideraciones en las empresas:

En los estudios presentados por la fundación Sepi (Sepi, 2009), sobre encuesta de estrategias empresariales sobre un estudio de una población de 1.798 empresas (1.336 de 200 y menos trabajadores y 462 de más de 200) se muestra como consecuencia de la crisis económica, su implicación en las empresas y en concreto en el sector industrial refleja el brusco ajuste de actividad. Si inicialmente su evolución estuvo marcada por el estallido de la burbuja inmobiliaria y el desplome de la actividad de la construcción, la rápida caída del consumo privado, de la inversión productiva y de la demanda externa terminó afectando profundamente a todas las ramas de actividad. Entre ellas, la fabricación de vehículos de motor, por su importancia en el del sector industrial español y sus efectos de arrastre, así como por su enorme relevancia en el conjunto de los intercambios comerciales con el exterior, constituye uno de los máximos exponentes del deterioro de la actividad productiva. Otras ramas, como las de alimentación, han podido aguantar mejor la recesión, aunque la generalidad de empresas se vio afectada por los problemas derivados de las restricciones crediticias, que fueron especialmente intensos en la segunda mitad del año 2008. La información de Contabilidad Nacional indica que la ralentización de la actividad industrial en 2007, con un crecimiento del valor añadido del 0,9% (frente al 1,9% del año anterior), se acentúa muy notablemente en 2008. Los datos señalan una reducción del -2,1% para el conjunto del año, contrastando el crecimiento interanual del 2,1% del primer trimestre con la reducción del -6,9% del cuarto trimestre. Los datos hasta ahora conocidos muestran que durante 2009 ha seguido registrándose un gran deterioro de la actividad industrial. Los datos acumulados de los tres primeros trimestres de 2009 reflejan una caída del VAB del sector industrial del -16,1%.

En la figura 8 se presentan para el año 2008 las tasas de crecimiento de la producción en términos reales para 20 ramas de actividad, diferenciando por el tamaño de las empresas. La distinta repercusión sectorial de la crisis económica se manifiesta en un comportamiento de la producción entre los distintos sectores y estratos de tamaño que es mucho más heterogéneo que en años precedentes. Ello hace que las pautas observadas para el agregado de la industria no se trasladen necesariamente a las distintas ramas de actividad. En general, son los sectores ligados a los bienes de consumo no duraderos, tales como Productos cárnicos, Alimentación y bebidas los que registran un mejor comportamiento relativo. A los mismos les acompañan los sectores de Otro material de transporte, especialmente entre las empresas de

mayor tamaño, lo que está condicionado porque, a diferencia de las actividades de automoción, la evolución de las ramas de material de transporte aéreo no fue negativa. Otro sector que presenta tasas positivas para las empresas de ambos tramos de tamaño es el que aglutina un amplio conjunto de industrias manufactureras diversas (joyería, artículos de deporte, juguetes, etc.).



- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. Industria química | 11. Productos minerales no metálicos |
| 2. Productos alimenticios y tabaco | 12. Metales ferreos y no ferreos |
| 3. Bebidas | 13. Productos metálicos |
| 4. Textiles y vestido | 14. Máquinas agrícolas e industriales |
| 5. Cuero y calzado | 15. Máquinas de oficina, proceso de datos, etc. |
| 6. Industria de la madera | 16. Maquinaria y material eléctrico |
| 7. Industria del papel | 17. Vehículos de motor |
| 8. Edición y artes gráficas | 18. Otro material de transporte |
| 9. Productos químicos | 19. Industria del mueble |
| 10. Productos de caucho y plástico | 20. Otras industrias manufactureras |

Figura 8: Evolución de la producción por sectores y tamaño. Fuente: (Sepi, 2009)

En cuanto a la inversión en I+D de las empresas (Tabla 10), puede apreciarse, el esfuerzo en I+D (gastos en actividades de I+D como proporción de las ventas) aumentó ligeramente en las empresas de menos de 200 trabajadores, mientras que se mantuvo respecto al año 2007 en las de mayor tamaño. Esto se produce tanto cuando se considera a la totalidad de las empresas como cuando se analiza el subconjunto de empresas que realizan gastos en I+D, y con independencia del tramo de tamaño que se considere. Asimismo, se sigue constatando la relación con el tamaño de las empresas detectada en años previos: las empresas pequeñas que realizan actividades de I+D presentan un esfuerzo tecnológico superior al de las empresas más grandes. Adicionalmente, tal y como se indica en el capítulo 6, hay que tener en cuenta que estos valores son notoriamente diferentes en función de si las empresas reciben o no financiación pública para estos proyectos



	Tamaño de la empresa (nº de trabajadores)									
	200 y menos					Más de 200				
	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
Inversión sobre ventas										
Todas las empresas	3,3	3,0	3,5	3,4	2,8	4,0	3,9	4,0	3,7	3,4
Empresas que invierten	4,2	3,7	4,5	4,4	4,2	4,1	4,1	4,1	3,8	3,5
Gastos en I+D sobre ventas										
Todas las empresas	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2
Empresas que hacen I+D	2,4	2,8	2,8	2,4	2,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,9
Publicidad sobre ventas										
Todas las empresas	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	2,2	2,3	1,8	2,0	1,8
Empresas que hacen publicidad	1,3	1,2	1,4	1,3	1,5	3,1	3,3	2,7	2,9	2,7

Tabla 10: Inversión en I+D. Fuente: (Sepi, 2009)

Al igual que ocurre con otras estrategias empresariales, la realización de actividades tecnológicas es un fenómeno claramente asociado al tamaño empresarial. En el año 2008, el 71,6 por cien de las empresas grandes llevaron a cabo algún tipo de actividad tecnológica, mientras que la proporción de empresas pequeñas que realizaron estas actividades fue del 21,1 por cien. Estos porcentajes suponen un ligero aumento, en ambos tramos de tamaño, con respecto a lo observado en el año precedente.

Al igual que en años anteriores, durante 2008 la gran mayoría de las empresas con actividades tecnológicas hizo uso de algún mecanismo para el control de las mismas (75,8 y 86,7 en las empresas pequeñas y grandes, respectivamente). Tanto para las empresas de menor tamaño como para las más grandes, la disponibilidad de mecanismos de planificación y/o seguimiento de la actividad tecnológica es una herramienta muy importante a la hora de obtener innovaciones. La elevada correlación entre ambas variables se muestra en la figura 9.

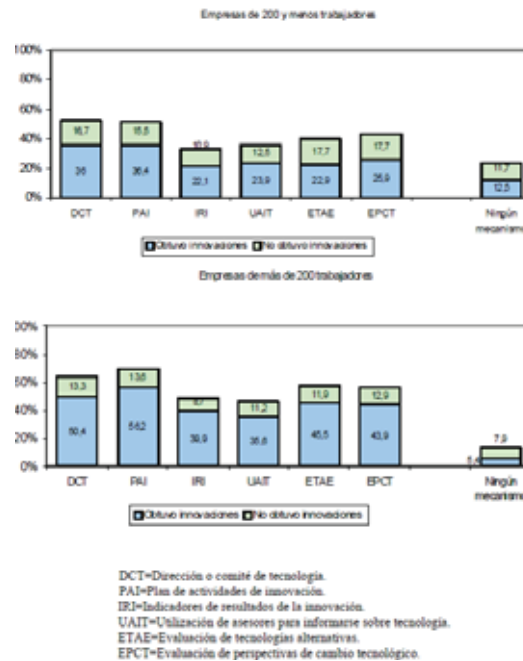


Figura 9: Evolución de la innovación. Fuente: (Sepi, 2009)

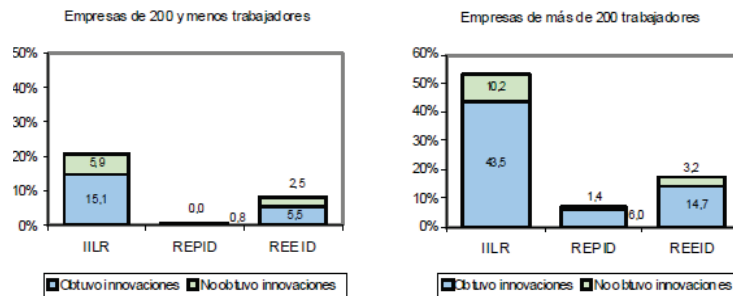
Así, por ejemplo, uno de los mecanismos que mejor reflejan la consecución de innovaciones es la disposición de un plan de actividades. Pues bien, el 56,2 por cien de las empresas grandes con actividades

tecnológicas dispuso simultáneamente de un plan de actividades de innovación y obtuvo innovaciones, lo cual constituye el 80,5 por cien de las empresas que emplearon ese mecanismo. En el caso de las empresas de 200 y menos trabajadores, el 36,4 por cien dispuso de dicho mecanismo de planificación y obtuvo simultáneamente innovaciones. Ello supone el 70,1 de las empresas de este tramo con actividades en I+D que utilizaron este mecanismo.

Capacitación del personal:

Otro de los factores que inciden sobre la capacidad innovadora de las empresas es el grado de capacitación del personal para el desarrollo de las actividades tecnológicas (ver Figura 10). Del análisis de estos datos se deduce que, en general, las pautas de comportamiento en 2008 fueron similares a las de años anteriores, esto es, la mejora de las capacidades de la plantilla se produjo fundamentalmente mediante la incorporación de ingenieros y/o licenciados recientes y, en mucha menor cuantía, a través de la contratación de personal con experiencia previa en I+D, ya fuera con experiencia en el sistema público o en el ámbito empresarial. Esta pauta de comportamiento es común tanto a pequeñas como a grandes empresas, no obstante el grado de capacitación del personal fue superior en las segundas que en las primeras.

El 81 por cien de las empresas de más de 200 trabajadores que incorporó ingenieros y/o licenciados recientes en 2008 obtuvo algún tipo de innovación. Esta proporción supone un aumento respecto al registro del año anterior. En el caso de las empresas de 200 y menos trabajadores, ese porcentaje se situó en niveles prácticamente idénticos (72 por cien).



IILR=Incorporó ingenieros y/o licenciados recientes.
 REPID=Incorporó personal con experiencia profesional en el sistema público de I+D.
 REEID=Incorporó personal con experiencia empresarial en I+D.

Figura 10: Capacitación de personal para el desarrollo de actividades tecnológicas. Fuente:(Sepi,2009)

3. Análisis de estudios sectoriales de la actividad de mantenimiento

Visto en los puntos anteriores los principales factores que inciden en las empresas, en las que en todos ellos intervienen las organizaciones de mantenimiento (inversión de equipamiento e instalaciones, control energético, personal técnico, etc.), se muestra a continuación las principales barreras y estado actual del mantenimiento en España, desde el análisis de la encuesta de evolución y situación del mantenimiento, realizada por la asociación española de mantenimiento (Aem, 2010) sobre 152 empresas, analizando su actividad de mantenimiento, entrando principalmente en los factores que incidirán en la realización de una gestión eficaz del conocimiento en dicha organización.

La distribución sub-sectorial de la muestra se refleja en la tabla 11.



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Alimentación	19
Automóvil e industria auxiliar	10
Construcciones electromecánicas	4
Edificios	17
Empresas diversas	17
Energía	18
Materiales construcción	8
Química	35
Siderometalurgia y minería	15
Transportes e infraestructuras	9
TOTAL	152

Tabla 11: Muestra empresas en estudio mantenimiento industrial: (Aem,2010)

Los costes de mantenimiento.

Teniendo en cuenta las fuertes exigencias a que están sometidas las organizaciones de mantenimiento, no se observa compensado en su estructura de costes desde hace 20 años. Es una actividad con una aportación superior al 70% de mano de obra cualificada (Figura 11). Esto indica el abandono, desconocimiento de la función del mantenimiento, o falta de visión estratégica por parte de la dirección de las empresas.

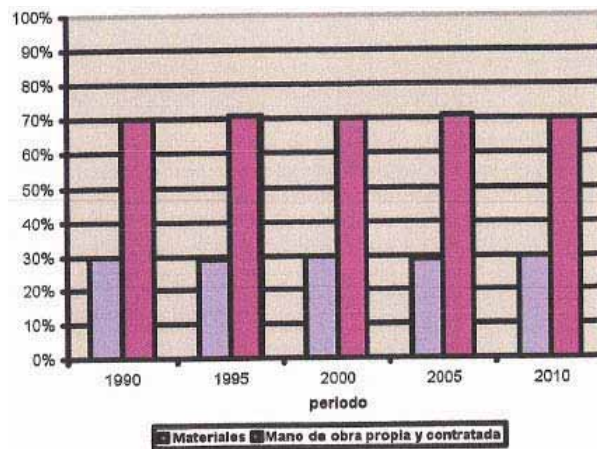


Figura 11: Costes generales en la función de mantenimiento. Fuente: (Aem,2010)

Factores sobre los Recursos Humanos en mantenimiento.

Una de las características detectadas es la falta de personal cualificado para la realización de las actividades de mantenimiento (Figura 12), esto es más incipiente en las pequeñas y medianas empresas.



Figura 12: Falta de cualificación operarios de mantenimiento. Fuente: (Aem, 2010)

La formación que se recibe en el entorno de las organizaciones de mantenimiento, es baja, sólo estando integrado en el 40% de las empresas, y normalmente cursos generalistas (Figura 12).



Figura 11: Implantación programas formación. Fuente: (Aem, 2010)

La dependencia gerarquica de las jefaturas de mantenimiento, normalmente es de la dirección de fabrica, aunque existen un alto porcentaje de dependencia de otras áreas tales como producción (Figura 12).



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

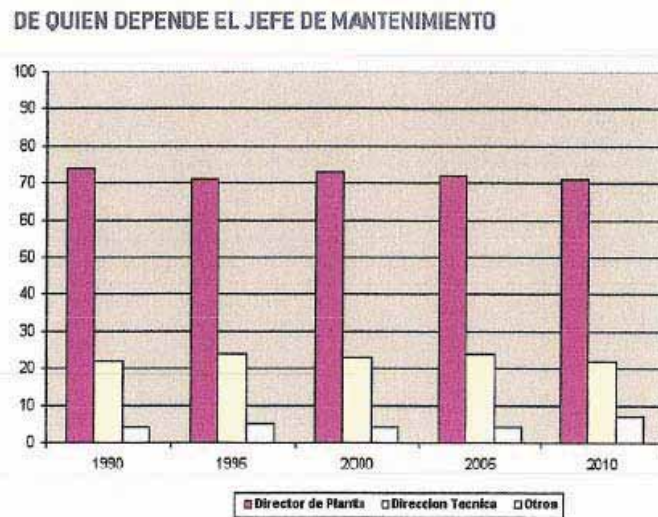


Figura 12: Dependencia mantenimiento. Fuente: (Aem, 2010)

La formación académica de los mandos de mantenimiento, es principalmente técnica universitaria (Figura 13), aunque no se analizan la formación del personal operativo, que es el que actúa en primer nivel y marca la operativa diaria de las empresas.

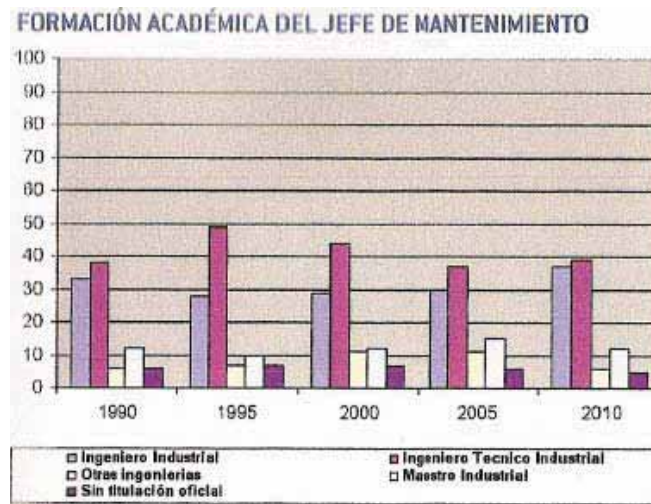


Figura 13: Formación mandos mantenimiento. Fuente: (Aem, 2010)

La experiencia del personal técnico del mantenimiento, suele ser superior a los 10 años, lo cual destaca el alto nivel de exigencia que se debe tener en dichas áreas (Figura 14).

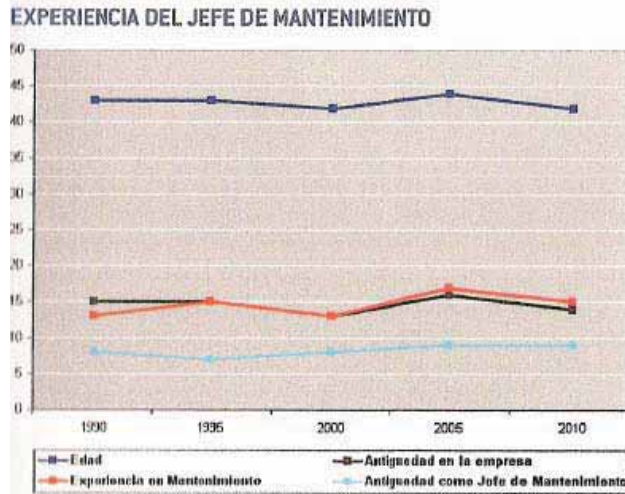


Figura 14: Experiencia mandos de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

Factores estratégicos en mantenimiento

Se destacan los factores estratégicos relacionados con los costes y contratación, aplicación de técnicas de organización del mantenimiento y su organización y control.

En la distribución de costes, se observa su gran incidencia en la mano de obra utilizada, así como un uso cada vez más generalizado de la subcontratación (Figura 15).

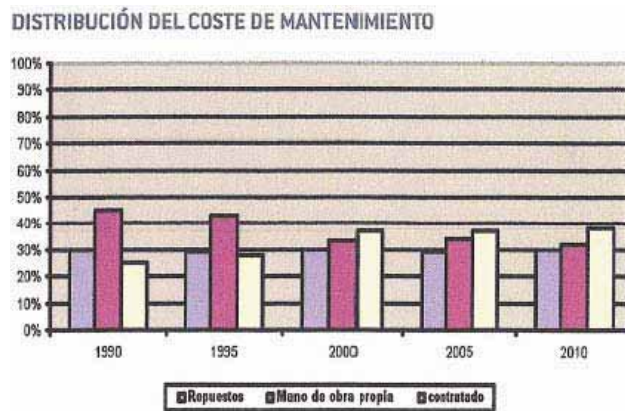


Figura 15: Partidas fundamentales de coste en mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

Se observa una tendencia a contratos externos, aunque un 30% de la contratación suele ser por administración (contratación directa), muchas veces por la falta de previsión o urgencias de las acciones a realizar (Figura 16).



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

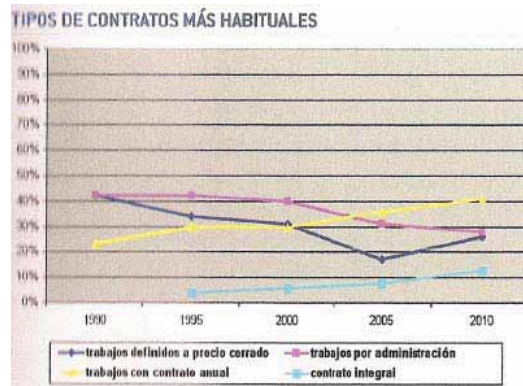


Figura 16: Contratos externos de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

Se utilizan en menos de un 20% de las empresas técnicas organizativas de mantenimiento, sólo analizándose en las encuestas el mantenimiento autónomo y el TPM (Figura 17).

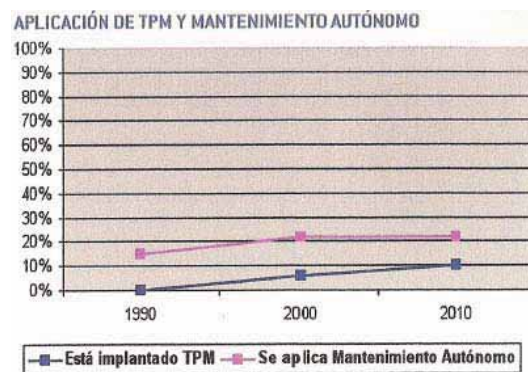


Figura 17: Aplicación técnicas mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

Existen empresas con un nivel de mantenimiento correctivo superior al 70%, aunque la media destaca que se utiliza en un 40% en las empresas referenciadas (Figura 18).

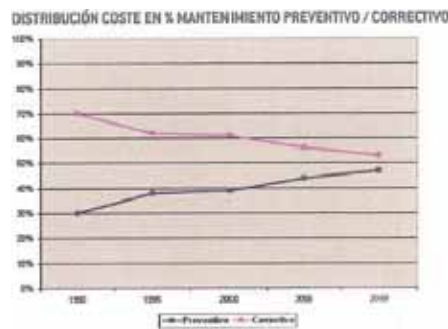


Figura 18: Mantenimiento preventivo/correctivo en las empresas. Fuente:(Aem,2010)

De igual manera, se observa el sistema de trabajo, en el cual hace falta mayor planificación, dado que la media de las peticiones con máxima urgencia es superior al 23 % en las empresas encuestadas (Figura 19).

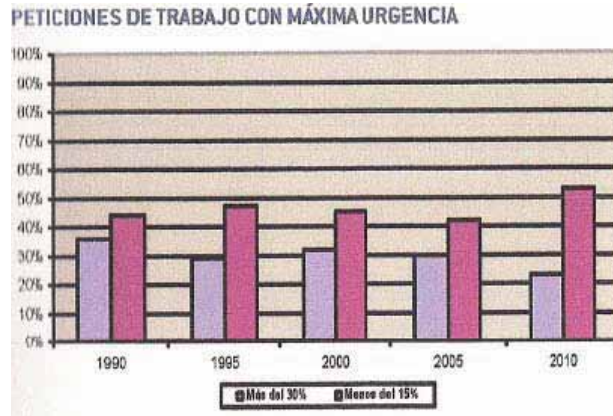


Figura 19: Peticiones de trabajo de máxima urgencia. Fuente: (Aem,2010)

Se suele acumular un tiempo considerable de retraso en la carga de trabajo, en la que se hallan el 20% de las empresas, habiendo algunas con niveles superiores al 38% (Figura 20).

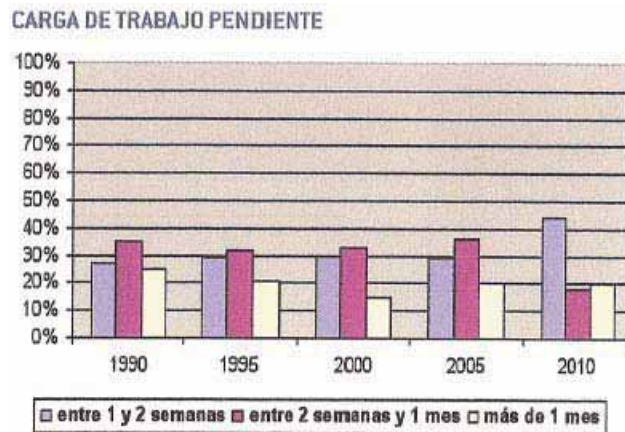


Figura 20: Carga de trabajo pendiente en la función de mantenimiento. Fuente: (Aem,2010)

No suele haber una oficina u estamento encargado de la planificación y control del mantenimiento (Figura 21), aunque más del 90% de las empresas dicen disponer de algún sistema de organización por ordenes de trabajo (Figura 22).



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

DISPONEN DE OFICINA PLANIFICACIÓN MANTENIMIENTO

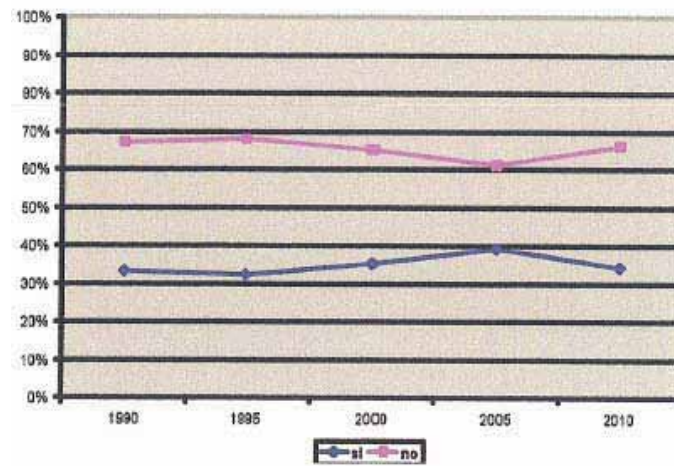


Figura 21: Planificación en la función de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

ESTÁ ORGANIZADO EL TRABAJO POR ÓRDENES DE TRABAJO

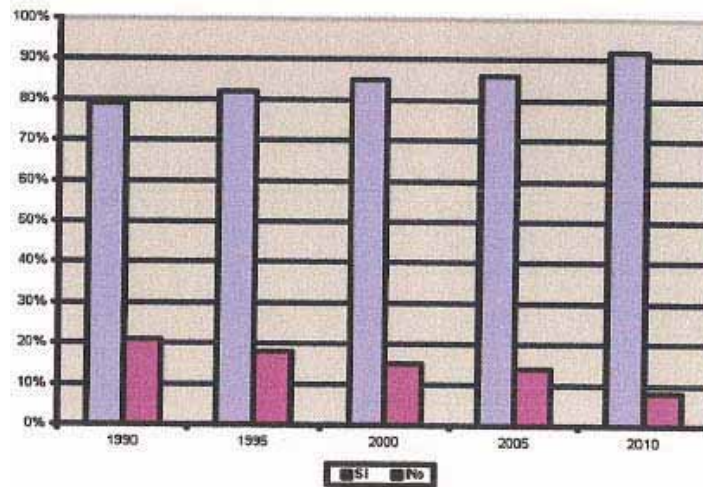


Figura 22: Planificación por ordenes de trabajo. Fuente:(Aem,2010)

Se desconoce el valor cuantitativo de las ordenes de trabajo en más de un 60% de las empresas, lo que destaca el bajo análisis de las ordenes de trabajo y por consiguiente el control realizado (Figura 23).

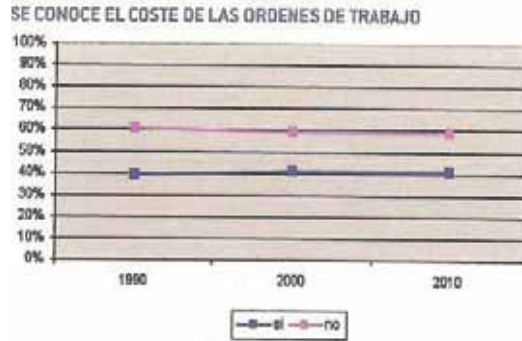


Figura 23: Costes ordenes de trabajo de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

Las empresas confirman la utilización de algún índice de mantenimiento en un 90% (Figura 24), siendo los índices más usados los relacionados con la fiabilidad y con la producción (figura 25).

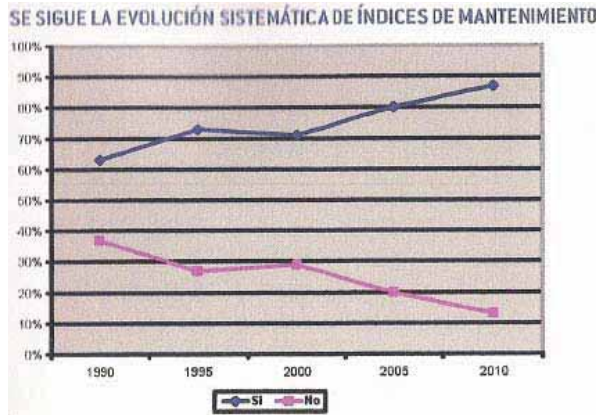


Figura 11: Seguimiento de índices en la función de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

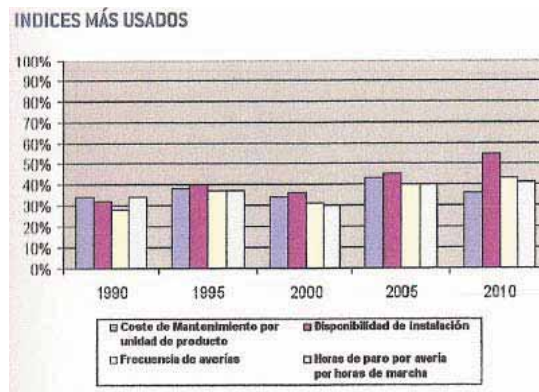


Figura 25: Indices más usados en la función de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)



Capítulo I
 Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

En el estudio de la AEM, se destaca que prácticamente todas las organizaciones disponen de algún programa de mantenimiento para su gestión (Figura 26), aunque no se analiza si son adecuados, si se estudian los resultados obtenidos y si en definitiva son útiles para la organización.

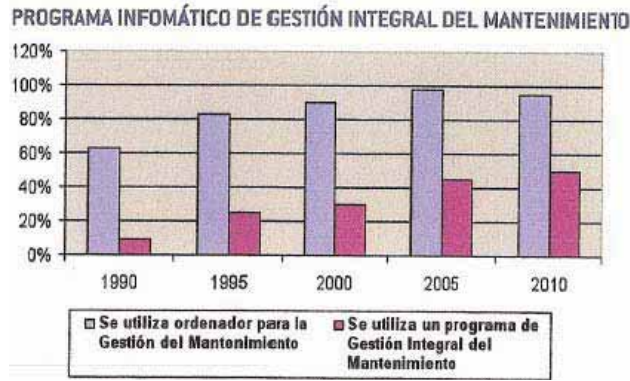


Figura 26: Uso de programas de gestión de mantenimiento. Fuente:(Aem,2010)

4. Análisis de los resultados , para introducir modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial

Análisis de la situación.

Viendo los resultados de los estudios de situación de las empresas, se pueden extraer dentro de sus características funcionales y estratégicas, muchas funciones en que tiene que incidir la actividad de mantenimiento a nivel táctico (Tabla 12).

ASPECTOS TÁCTICOS EN LAS EMPRESAS	INCIDENCIA OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO
Producción	Alta incidencia, afectando directamente a los niveles de paradas y fiabilidad.
Amortización inmovilizado	Aumenta la vida operativa del inmovilizado.
Reparaciones y conservación	Responsabilidad directa
Inversión inmovilizado	Cesión a mantenimiento, una vez realizada. Conviene su punto de vista y experiencia en la elección.
Personal	En referencia a mantenimiento, es necesaria alta cualificación y experiencia.
Capacitación y formación	En referencia al mantenimiento, la formación debe integrarse con sus funciones tácticas fundamentales.
Servicios exteriores y subcontratación.	Todas las empresas subcontratadas de mantenimiento o para reparaciones deben ser controladas por mantenimiento.
Consumo energético	Debe ser una de las funciones principales de la organización del mantenimiento, el control y seguimiento del consumo energético.
I+D	En las acciones de I+D destinados a equipos, instalaciones y procesos, debe estar la visión del departamento de mantenimiento.

Tabla 12: Aspectos tácticos de las empresas y su relación con mantenimiento.

Como se puede observar en la tabla 12, en las que se han puesto las acciones tácticas de las empresas en las que puede incidir los departamentos operativos de mantenimiento, en los estudios formalizados, se refleja que las empresas deben de tener gran disponibilidad, se debe aumentar la productividad general, existe una cuantía importante de inversión de inmovilizado, una tendencia a la subcontratación y uso de empresas externas, y dentro de las materias primas, todas las empresas tienen una fuerte dependencia de la energía utilizada para el desarrollo de su actividad o servicio. En todos estos puntos tiene una gran implicación mantenimiento, interviniendo directamente en que la eficiencia de todas las acciones descritas se realicen con mayor o menor eficiencia, y con ello repercutiendo directamente a toda la organización

A nivel operativo de la propia organización de mantenimiento y tras la revisión de los estudios formalizados sectoriales, se marcan algunas tendencias de mantenimiento, y tras dicho análisis, se pueden marcar la posible incidencia de utilización de técnicas de gestión del conocimiento (Tabla 13) que ayudarían a suavizar o minimizar los puntos negativos observados o marcar nuevas líneas de actuación que pueden hacer más eficiente las actividades realizadas de mantenimiento y por consiguiente, una mayor productividad, eficiencia y reducción de gastos de toda la empresa.

Existe una acusada falta de conocimientos sobre el funcionamiento de los equipos por parte de los operarios, y los mandos de mantenimiento, marcan como prioritario captar personal con la cualificación adecuada.

Dado que un fuerte porcentaje del gasto de los departamentos de mantenimiento, es destinada hacia el personal, es importante conseguir de una manera más eficaz la cualificación necesaria, con lo que introducir técnicas de gestión de conocimiento que reduzcan los tiempos de acoplamiento de nuevo personal, así como el conservar en la empresa las experiencias del personal que pueda causar baja, mejorará la eficiencia del conjunto del personal, hacia trabajos cotidianos. De igual manera, y como se destacan en los estudios, la captura de las experiencias operativas y el estudio de acciones críticas, harán reducir de manera significativa las actuaciones ante urgencias, o como mínimo mejorar la actuación ante acciones críticas, cuya resolución en tiempos menores o controlados, hacen reducir los costos indirectos por paradas a la producción, que en numerosos casos pueden ser elevados (reducción de la productividad).

ASPECTOS TÁCTICOS DEL MANTENIMIENTO	POSIBLE INCIDENCIA POR LA ACCIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Fiabilidad, disponibilidad en la producción/explotación en la empresa..	El almacenamiento, transmisión y gestión del conocimiento, aumenta la productividad general de la empresa (menores paradas no programadas)
Ciclo de vida del equipamiento e instalaciones	Información operativa del equipamiento que inciden en su durabilidad y buenas prácticas.
Reparaciones y conservación	La captación del conocimiento de lo realizado, elimina paros no deseados. Transmisión conocimiento a otros operarios.
Personal	Captación del conocimiento tácito del personal en base a la experiencia operativa. Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal. Ayuda a reciclaje de personal existente.
Cualificación del personal y formación.	La formación debe tener un componente importante sobre la gestión de experiencias operativas en la propia planta. Creación de sistemas de auto aprendizaje.
Técnicas organizativas mantenimiento	Deben ser implantadas, y capturar y transmitir el conocimiento generado. Deben ser implantadas por el propio personal. Análisis de datos obtenidos.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Mantenimiento preventivo/correctivo.	Gestión de la experiencia y conocimiento en la realización de las actividades de mantenimiento.
Trabajos de urgencia o críticos	Cualquier experiencia de urgencia o crítica, debe ser registrada. Debe servir para aprender ante actuaciones futuras.
Uso de la información y su gestión.	La gestión de la información debe ser ágil y útil. Los registros deben mostrar las experiencias e inquietudes del personal operativo de mantenimiento (bidireccional)
Gestión de la energía y su eficiencia.	Captura de las experiencias y buenas prácticas. Análisis por los miembros de mantenimiento. Conocimiento bidireccional

Tabla 13: Aspectos tácticos de mantenimiento y su incidencia ante acciones de gestión de conocimiento.

En cuanto al coste relativo del mantenimiento, existe una visión del mismo como elemento generador de costes y, por tanto, como variable a controlar. En muy pocos casos se relaciona mantenimiento con la posibilidad de mejorar la eficacia del proceso y en prácticamente ninguno se denota la conveniencia de incrementar su presencia.

En lo referente a la organización del mantenimiento, muchos de los departamentos o secciones de mantenimiento dependen jerárquicamente del director de producción, lo cual hace que las funciones de mantenimiento se restrinjan al corto plazo. Puede mencionarse que dentro de las actividades encomendadas al departamento de mantenimiento, se incluye, en un porcentaje excesivamente bajo, la participación en las decisiones de inversión. En cuanto a la intervención en el diseño de productos y/o manuales de los mismos, la participación es todavía más baja. Aparte de esto, la existencia de más de un 10% de casos donde el personal de mantenimiento no es exclusivo del departamento hace pensar en una escasa organización de estas tareas.

Por otra parte, la formación del personal de mantenimiento es, en líneas generales, escasa, destinándose en muchos casos a este servicio personal de avanzada edad, con experiencia pero escasamente activos.

En línea con lo anterior, muchas empresas no realizan ninguna clasificación de sus activos respecto al mantenimiento, factor mínimo indispensable para la planificación y ejecución de las actividades relacionadas con esta tarea.

En cuanto al tipo de mantenimiento utilizado debe decirse que sigue existiendo un elevado porcentaje de mantenimiento correctivo (40%) incluso cuando se trata de equipos clasificados como de alta criticidad. Además, en otras muchas ocasiones, el mantenimiento preventivo tiene un contenido muy restringido, reduciéndose a las tareas recomendadas por el fabricante.

Cuando el mantenimiento se refiere a los equipos básicos de producción pero no críticos, los resultados son todavía más acusados hacia la masiva utilización del mantenimiento correctivo. El condicional tiene, en casi todos los casos, una utilización residual aunque se refiera a los equipos básicos.

La existencia de programación de las intervenciones, bastante elevada, contrasta en sobremanera con el escaso control de cumplimiento de las mismas. Resulta paradójico que del total de las empresas que afirman programar sus intervenciones de mantenimiento, menos de la mitad controlen el cumplimiento de las mismas. Sin un control de cumplimiento y mucho menos de los resultados de las intervenciones difícilmente pueden reprogramarse estas en función del estado real de los equipos. Es decir, el mantenimiento realizado en la mayoría de los casos parece desligarse por completo del estado de la maquinaria o instalaciones a mantener.

Por lo que se refiere a la inversión en mantenimiento, los resultados son también muy significativos. Para la mayoría (más del 70%), la inversión en mantenimiento es completamente irrelevante. Esto quiere decir que el presupuesto del departamento se compone en su práctica totalidad de gastos de personal.

El control de los gastos de mantenimiento se realiza en la mayoría de los casos de una manera global y no por intervenciones. Esto significa que el control sobre el rendimiento o eficiencia de las intervenciones es escaso, incluso en aquellas factorías donde el contenido de las mismas se programa.

En la misma línea argumental puede hablarse del control de los gastos ocasionados por fallos y de la existencia de controles históricos de los gastos de mantenimiento según activos.

Por otra parte, el tema de la planificación de las inversiones se encuentra bastante desligado del de mantenimiento, existiendo una baja participación de los responsables del departamento en las decisiones de planificación y amortización de inversiones.

Por último, cabe destacar que los problemas principales con los que se enfrentan los responsables de mantenimiento son los derivados de las exigencias diarias de producción, a pesar de la posible contraposición de intereses entre las dos secciones. Este enfrentamiento de intereses es representativo de una tradicional visión de la función del mantenimiento. Otra de las cuestiones a destacar es que las deficientes instrucciones de los fabricantes también son un problema frecuente y grave para el personal de mantenimiento.

En resumen, el mantenimiento realizado en las plantas industriales dista mucho de cualquier planteamiento teórico novedoso. El departamento de mantenimiento es siempre secundario, depende de producción y su coste se soporta porque no existe otra alternativa. El personal del mismo no está, por lo general suficientemente cualificado y además, los medios materiales disponibles son escasos. La organización y gestión de las actividades de mantenimiento se encuentran en una fase inicial y en muy pocos casos se observa una clara voluntad de mejora.

5. Conclusión

Analizando las encuestas sobre el estado de las empresas en España, con datos del INE y del SEPI, se observan que dentro de sus principales funciones tácticas, el departamento de mantenimiento puede ocupar un papel determinante en las empresas para mejora de su productividad. Es por ello la necesidad de un departamento de mantenimiento, debidamente formado y con capacidad, dado que su nivel estratégico dentro de la organización puede ser determinante para la eficiencia global. La actividad de mantenimiento necesita conocimientos técnicos profundos, alta experiencia en su personal y tradicionalmente ha sido la estructura dentro de la empresa donde existe mayor componente de conocimiento tácito. Dado que sus funciones afectan directamente a la fiabilidad de los sistemas e instalaciones (Sols, 2000), eliminación de paradas no deseadas y actuación ante procesos críticos, se ve la necesidad de la adecuada gestión de dicha información/conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa. A nivel táctico de la propia organización del mantenimiento, se han visto sus factores débiles, según la encuesta sectorial de la AEM, y se han marcado los puntos estratégicos que podrían evolucionar en una mejora de la funcionalidad y beneficio económico, por la implantación de tácticas de gestión del conocimiento. Hay que resaltar de igual manera, que de los estudios analizados, no se entra en detalle en los niveles de exigencia técnica de las funciones de mantenimiento, e incluso en el estudio de nivel sectorial de la AEM, sólo se ven ciertos datos desde la visión de los mandos de mantenimiento, sin entrar en el nivel operativo (lo que hacen u opinan los propios operarios), así como tratándose de una manera genérica el nivel de gestión de la información, que no permite extraer datos precisos de su estado de conocimiento.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

6. Referencias

- Aem, (2010). Asociación española de mantenimiento; "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008a). Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 14 (4), 356–374.
- Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008b). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management* 25 (7), 709–756.
- Alsyouf, I. (2007), "The role of maintenance in improving company productivity and profitability", *International Journal of Production Economics*, Vol. 105, pp. 70-8.
- Al-Turki, U. (2011). A framework for strategic planning in maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 2, 2011, pp. 150-162.
- Arunraj, N.S. and Maiti, J. (2010), "Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming", *Safety Science*, Vol. 48 No. 2, pp. 238-47.
- Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Chan, F.T.S., et al., 2005. Implementation of total productive maintenance: a case study. *International Journal of Production Economics* 95 (1), 71–94.
- Chen, F. (1994), "Benchmarking: preventive maintenance practices at Japanese transplants", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 11 No. 8, pp. 19-26.
- Conde, J. (1999).; "El Mantenimiento efectivo: principios y métodos". Working paper, GIO-0500-UCLM, Ciudad Real.
- Geraghty, T. (1996) – R.C.M. and T.P.M. complementary rather than conflicting techniques – Article – *Journal – Volumen 63 – USA – June 1996*.
- Hiatt, B. (1999). - Best Practices Maintenance - A 13 Step Program in Establishing a World Class Maintenance Organization – USA.
- Idhammar, C. (1997). - Maintenance management: moving from reactive to results-oriented – *Journal Review Pima's Papermaker — USA – July 1997*.
- Inacio da Silva, C.; Pereira, C.; Oliveira, C. (2008). Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 14 No. 4, 2008, pp. 343-355.
- Ine, (2008). Instituto nacional de estadística; "Panorámica de la industria", INE, Madrid.
- Khade, A.S. and Metlen, Z.K. (1996), "An application of benchmarking in the dairy industry", *Benchmarking For Quality Management & Technology*, Vol. 3 No. 4, pp. 34-41.
- Khalil, J., Sameh, M.S. and Nabil, G. (2009), "An integrated cost optimization maintenance model for industrial equipment", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 No. 1, pp. 106-18.
- Kommonen, K. (2002), "A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking", *International Journal of Production Economics*, Vol. 79 No. 1, pp. 15-31.
- Kumar, U. (1990), "Application of reliability-centered maintenance: a tool for higher profitability", *Maintenance*, Vol. 5 No. 3, pp. 23-6.
- Lazim, H.M., Ramayah, T., Ahmad, N., 2008. Total productive maintenance and performance: a Malaysian SME experience. *International Review of Business Research Papers* 4 (4), 237–250.
- Liyange, J.P. and Kumar, U. (2003), "Towards a value-based view on operations and maintenance performance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp. 333-50.
- Modarres, M. (2006), *Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends*, Taylor & Francis, New York, NY.
- Mora, A. (1999). – Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas. – Tesis doctoral – Universidad Politécnica de Valencia – Valencia – España.
- Moubray, J. (1991). "Reliability-Centered Maintenance", Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Murthy, D.N.P., Atrens, A. and Eccleston, J.A. (2002), "Strategic maintenance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 4, pp. 287-305.
- Nakajima, S. (1988). "Introduction to TPM", Productivity Press, Cambridge, MA.
- Nakajima, S. (1989). "TPM Development Program", Productivity Press, Cambridge, MA.
- Oiltech Analisis S.L. (1995). - Mantenimiento Proactivo de sistemas mecánicos lubricados - Fluidos oleohidráulica neumática y automación -Vol. 24 - Número 208 y 209 - España.
- Oke, S.A. (2005), "An analytical model for the optimisation of maintenance profitability", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 54 No. 2, pp. 113-36.
- Pirret, R. (1999). Proactive calibration helps drive



- productivity higher - I&CS. Tel: 425-356-5277 - Everett, WA - USA - June.
- Rausand, M. (1998), "Reliability centered maintenance", Reliability Engineering and System Safety, Vol. 60, pp. 121-32.
- Rodríguez Méndez, M. (2001). Tesis Doctoral Aportaciones al Análisis de Cambios de Formato en Líneas de Envasado. Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real.
- Rodríguez Méndez, M. (2003). El Proceso de Cambio de Útiles. Editorial Fundación Confemetal. Madrid.
- Salonen, A.; Deleryd, M. (2011). Cost of poor maintenance. A concept for maintenance performance Improvement. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Vol. 17 No. 1, 2011, pp. 63-73.
- Schiffauerova, A. and Thomson, V. (2006), "A review of research on cost of quality models and best practices", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 23 No. 6, pp. 647-69.
- Sepi, (2009). Fundación Sepi, Ministerio industria, turismo y comercio; "Encuesta sobre estrategias empresariales", SEPI, Madrid.
- Silva, C. (2004), "The maintenance function in the industrial company: application to a particular case of a big plant unit", MSc thesis, University of Beira Interior, Covilha" (published as a book by New Europe Foundation, University of Beira Interior, Covilha.
- Smith, M, (1992). – Reliability Centered Maintenance – McGraw Hill, Inc. School Education Group - New York – USA.
- Sols, A. (2000). "Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico", Comillas, Madrid.
- Tavares, L. (1999). Administración Moderna de Mantenimiento – Novo Polo Publicações – Rio de Janeiro. – Brasil.
- Tsang, A.H.C. (2002), "Strategic dimensions of maintenance management", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8 No. 1, pp. 7-39.
- Wireman, T. (2004), Benchmarking Best Practices in Maintenance Management, Industrial Press, New York, NY.
- Yam, R.; Tse, P.; Ling, P.; Fung, F. (2000). Enhancement of maintenance management through benchmarking. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6 No. 4, 2000, pp. 224-240.

Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE
ANEXOS
Capítulo VII
Capítulo VI
Capítulo V
Capítulo IV
Capítulo III
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo I



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y SU CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

2.2. Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo.



INDICE
ANEXOS
Capítulo VII
Capítulo VI
Capítulo V
Capítulo IV
Capítulo III
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo I

Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: Aunque el conocimiento y su gestión es, y ha sido estudiado en profundidad, sobre todo desde la década de los 90 del siglo pasado sobre todo para la gestión estratégica, innovación, comercio, o administración de las empresas, todavía quedan muchos interrogantes en cómo se articula, se transfiere y las barreras para su gestión, sobre todo cuando hablamos de las actividades tácticas internas en las que afectan a personal que podíamos llamar de “oficios”, tales como el mantenimiento y montajes industriales o explotación y conducción de las instalaciones. Por las peculiaridades propias que se han dado normalmente en este tipo de actividad en el interior de la empresa, el conocimiento de estas personas está fuertemente basado en su experiencia (fuerte componente tácito), difícil de medir y articular, y sin embargo, en numerosas ocasiones, esta rotura de la información-conocimiento, puede suponer un alto coste para la empresa, muchas veces asumido como algo que afrontar, debido al incremento de tiempos de parada de producción y servicios, pérdidas de eficiencia energética, o tiempo de acoplamiento de nuevo personal a estas áreas. Tras una descripción del estado del arte y los principios básicos de la gestión del conocimiento, se ha realizado un estudio cualitativo en diversas empresas dentro de las áreas de explotación y mantenimiento, con el fin de conocer las barreras y facilitadores, que dicho personal implicado encuentra para que se produzca una adecuada transmisión y utilización de dicho conocimiento.

Palabras Clave: Gestión del conocimiento, mantenimiento industrial. Explotación y conducción de las instalaciones.



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

El universo no está hecho de materia o energía, según el físico Vlatko Vedral, está hecho, en el fondo, de información (Vedral, 2010). En otras palabras, si se rompe el universo en pedazos más y más pequeños, los más pequeños trozos son, de hecho, bits.

Aunque el párrafo anterior pueda parecer en exceso abstracto, son una de las líneas más actuales de investigación de la física cuántica, y nos ofrece un referente de la gran importancia de lo que información-conocimiento supone hoy en día. Sin embargo, entrando en un universo más particular (la empresa industrial o de servicios), y dentro de ellas, los servicios internos industriales (mantenimiento, explotación, conducción de las instalaciones), nos damos cuenta de las deficiencias y problemática que conlleva realizar un sistema de gestión del conocimiento, debido a la propia naturaleza de las características del servicio prestado (personal operativo basado en la experiencia durante años en dicho oficio y en una determinada planta, con alto conocimiento tácito, con plantillas muy ajustadas, con alto nivel de estrés y acostumbrados a resolver problemas diarios normalmente no protocolizados).

Son muchos los estudios sobre gestión del conocimiento en diferentes actividades industriales y de servicios, y el efecto en su aplicación (Yang, 2006; Colino et al., 2010; Colino et al., 2000; Chua et al., 2008; Rivas et al., 2007; Ventura et al., 2007; Bahoque et al., 2007; Ferrada et al., 2009), pero normalmente dichos estudios se centran en la gestión global (sobre todo en la parte más explícita y procedimentada), incidiendo hacia el comercio, gestión administrativa interna o contable, las actividades de I+D o desarrollo, pero escasamente hacia las acciones tácticas de oficios industriales, normalmente considerado como un “gasto para la empresa”, y que sin embargo, afecta de manera sustancial en la reducción de costes inducidos (muchas veces asumidos por la propia gerencia). Es por ello, que el gestionar el conocimiento en dichas áreas de trabajo, suponga en sí, no sólo una mejora en la eficiencia de los procesos de los oficios internos industriales, sino también una reducción en gastos inducidos a la propia empresa (paradas de producción, pérdida de eficiencia energética, pérdida de fiabilidad de los sistemas e instalaciones y mayor tiempo de acoplamiento de nuevos técnicos).

Es preciso analizar el conocimiento personal para desarrollar el conocimiento organizacional (Pauleen, 2009; Martin, 2008; Volkel et al., 2009), que permita hacer un análisis de costos-beneficios en su aplicación (Volkel et al., 2008). Dentro de las actividades internas de la empresa industrial, el mantenimiento necesita conocimientos técnicos profundos, alta experiencia en su personal y tradicionalmente ha sido la estructura dentro de la empresa donde existe mayor componente de conocimiento tácito. Dado que sus funciones afectan directamente a la fiabilidad de los sistemas e instalaciones (Sols, 2000), eliminación de paradas no deseadas y actuación ante procesos críticos, se ve la necesidad de la adecuada gestión de dicha información/conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa.

Las políticas de personal, tan frecuentes hoy día, que contemplan entre sus objetivos la subcontratación de dichos servicios industriales, el relevo radical e indiscriminado de plantillas, atendiendo únicamente a razones de edad, sin someter a los recién incorporados a un proceso de fidelización previo para disminuir la rotación externa, es posible que logren, en algún caso, éxitos a corto plazo pero con toda seguridad la falta de suficiente tiempo para crear y transferir conocimiento de forma controlada, y la carencia de sedimentación cultural para asimilarlo y aplicarlo, llevarán al fracaso la implantación de cualquier modelo de gestión del conocimiento a medio plazo (Muñoz, 1999), y en gran medida, la pérdida del control de la fiabilidad y eficiencia de los procesos productivos o de servicios internos industriales basado en oficios. Hay que tener en cuenta la incidencia operativa que las acciones de mantenimiento repercuten en la empresa (Tabla 1), afectando a la mayor parte de las acciones tácticas fundamentales, y

dado que puede ser estratégica su propia acción, es preciso marcar condiciones para la captura de ese conocimiento.

ASPECTOS TÁCTICOS EN LAS EMPRESAS	INCIDENCIA OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO
Producción	Alta incidencia, afectando directamente a los niveles de paradas y fiabilidad.
Amortización inmovilizado	Aumenta la vida operativa del inmovilizado.
Reparaciones y conservación	Responsabilidad directa
Inversión inmovilizado	Cesión a mantenimiento, una vez realizada. Conviene su punto de vista y experiencia en la elección.
Personal	En referencia a mantenimiento, es necesaria alta cualificación y experiencia.
Capacitación y formación	En referencia al mantenimiento, la formación debe integrarse con sus funciones tácticas fundamentales.
Servicios exteriores y subcontratación.	Todas las empresas subcontratadas de mantenimiento o para reparaciones deben ser controladas por mantenimiento.
Consumo energético	Debe ser una de las funciones principales de la organización del mantenimiento, el control y seguimiento del consumo energético.
I+D	En las acciones de I+D destinados a equipos, instalaciones y procesos, debe estar la visión del departamento de mantenimiento.

Tabla 1: Aspectos tácticos de las empresas y su relación con mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Mediante este artículo se pretende hacer una aproximación a la situación de la gestión del conocimiento de estas actividades técnicas internas de las empresas industriales, marcar los procesos de gestión del conocimiento más usados en la literatura así como las herramientas utilizadas e identificar las barreras y facilitadores que podrían tener incidencia en dichas actividades.

Para tal efecto, se han realizado entrevistas con personal técnico y mandos de organizaciones de mantenimiento u operación y explotación de diversas empresas, de sectores industriales diferentes en la Comunidad Valenciana.

El artículo introduce en el marco teórico de la metodología básica sobre gestión del conocimiento (incidiendo en el estado del arte, sus métodos y herramientas). Posteriormente, se presenta el estudio cualitativo realizado, los resultados, la discusión de los mismos y las conclusiones del artículo.

2. Los principios de la gestión del conocimiento en la empresa

Surge el conocimiento cuando una persona considera, interpreta y utiliza la información de manera combinada con su propia experiencia y capacidad (Zapata, 2001).

El conocimiento es la capacidad de actuar, procesar e interpretar información para generar más conocimiento o dar solución a un determinado problema. En los últimos años se ha producido un cambio trascendental, en que el crecimiento de las economías y las empresas se ve impulsado por el conocimiento y las ideas, más, que por los recursos tradicionales (Del Moral, 2007). Estamos moviéndonos hacia una sociedad impulsada por el conocimiento, donde los activos tangibles



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

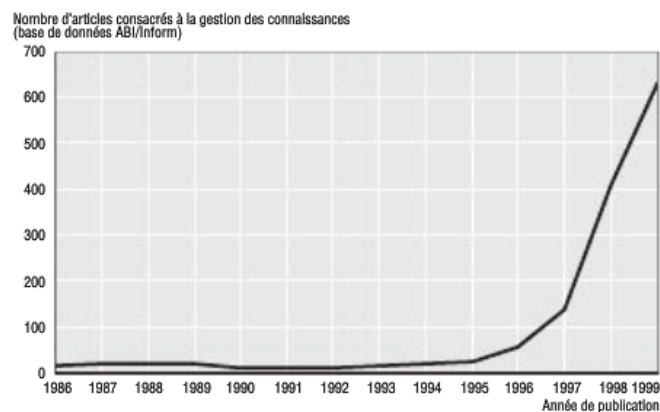
INDICE

tradicionales están perdiendo valor a favor de los intangibles (Sánchez et al., 1999; Peña, 2001).). Es por ello que se puede considerar el conocimiento como el principal ingrediente intangible tanto en las empresas como en la economía en su conjunto (OCDE, 1996).

Se ha reconocido que el conocimiento es poder; pero como lo afirma Nonaka (1999), lo importante del conocimiento en las organizaciones depende de lo que se pueda hacer con él dentro de un ámbito de negocios. Es decir, el conocimiento por sí mismo no es relevante, en tanto no pueda ser utilizado para dar origen a acciones de creación de valor (Xiomara, 2009).

La gestión de conocimientos implica, por tanto, el uso de prácticas difíciles de observar y manipular y, que a veces son incluso desconocidas para los que las poseen. Esto presenta un problema para las empresas, más familiarizadas con la gestión y contabilidad del capital fijo. Entre las diversas categorías de inversiones relacionadas con el conocimiento (educación, formación, software, I+D, etc.), la gestión de conocimientos es una de las menos conocidas tanto cualitativa como cuantitativamente, así como en términos de costos y retornos económicos (OCDE,2004).

Aunque los estudios sobre la gestión del conocimiento, aumentaron de manera exponencial al final de la década de los 90 y principios del siglo XXI (Gráfica 1), la práctica totalidad de ellos están enmarcados en las grandes empresas y normalmente sobre áreas de comercio, administración y gestión, I+D, pero en pocas ocasiones en las prácticas tácticas internas de la empresa donde existe un alto componente de conocimiento tácito debido a las propias características intrínsecas del personal que opera en ellas (mantenimiento, producción, explotación) y por la gran dificultad en analizar ese componente humano. Los estudios formalizados (OCDE,2004), indican la ventaja competitiva de las empresas donde si se aplican sistemas de gestionar la información y el conocimiento, aunque centrándose normalmente en las áreas administrativas y de gestión, más fácilmente medibles y donde es más fácil protocolizar los procedimientos.



Gráfica 1: Artículos publicado sobre Gestión del Conocimiento. Fuente: (Gordon et al., 2002, extraído de OCDE,2004)).

Las definiciones de la gestión del conocimiento que aparecen en la literatura académica adoptan varios prismas (Palacios et al., 2006), reflejando los postulados nucleares del enfoque teórico del que se parte:

- Una colección de procesos para gestionar la creación, la diseminación y el apalancamiento del conocimiento a fin cumplir los objetivos de la organización (Beijerse, 1999; Tissen et al., 1998; Nonaka y Takeuchi, 1995).

- Gestionar tanto los stocks como los flujos de conocimiento (Fahey, 1998).
- Gestión de los sistemas y bases de datos en tecnologías de la información (Pitkethly, 2001), aumentando las capacidades o induciendo buenas prácticas.
- Aplicación del conocimiento a fin de crear competencias distintivas (Bukowitz et al., 1999), donde se crea valor en base a la gestión del conocimiento.
- La gestión del talento del personal que posee y crea conocimiento y su interacción social como el eje de GC (Beamish et al., 2001).

Todas las perspectivas de la gestión del conocimiento, basándose en unos principios y unas prácticas, en muy pocas ocasiones son adscritas a la parte donde se almacena mayor nivel de conocimiento tácito dentro de las empresas industriales y de servicios, como pueden ser los aspectos tácticos de mantenimiento, montaje y proyectos, y actividades en general de difícil documentación, que normalmente se basan en gran parte en la experiencia de los empleados adquirida con los años, de difícil captación y aún más difícil transferencia.

Aunque en numerosas ocasiones la gestión del conocimiento es infrautilizada y desplegada ineficientemente (Ordóñez, 1999,2001), se puede definir la gestión del conocimiento como "las estructuras, sistemas e interacciones integradas conscientemente y diseñadas para permitir la gestión del conjunto de conocimiento y habilidades de la empresa" (Tiemessen et al, 1997), convirtiéndose en un recurso de importancia estratégica fundamental (Bueno, 1999,2000; Hedlund, 1994; Nonaka y Takeuchi, 1995; 1994; Ventura, 1996; Wernerfelt, 1984).

La dimensión epistemológica del conocimiento distingue entre conocimiento tácito y conocimiento explícito (Polanyi, 1966). El conocimiento tácito (Spender, 1996) es aquel que se adquiere a través de la experiencia. El conocimiento explícito o codificado (Polanyi, 1966) es aquel transmisible mediante el lenguaje formal y sistemático, y puede adoptar la forma de programas informáticos, patentes, diagramas o similares (Hedlund, 1994). El conocimiento tácito no debe ser considerado independiente del conocimiento explícito, pues hay una dimensión tácita en todas las formas de conocimiento (Polanyi, 1966). En la Tabla 2 se recogen las principales diferencias entre ambos tipos de conocimiento:

CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE CONOCIMIENTO		CONOCIMIENTO EXPLÍCITO	
CONOCIMIENTO TÁCITO	Conocimiento a través de la experiencia. (Cuerpo)		Conocimiento a través de la racionalidad. (Mente)
	Conocimiento simultáneo		Conocimiento secuencial (en el acto)
	Conocimiento analógico (basado en la práctica)		Conocimiento digital (basado en la teoría)
	Subjetivo		Objetivo

Tabla 2: Tipos de conocimiento. Fuente: elaboración propia a partir de (Nonaka y Takeuchi ,1995).

En la generación del conocimiento se produce una transformación del conocimiento tácito de los individuos en explícito a nivel grupal y organizativo (Nonaka y Takeuchi, 1995), y cada uno de los



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

miembros de tales colectivos lo interiorizan, convirtiéndolo de nuevo en tácito. Dicho proceso genera cuatro fases, que son: la socialización, externalización, combinación e internalización (figura 1).



Figura 1: Modos conversión del conocimiento. Fuente: (Nonaka y Takeuchi, 1995).

1. *Socialización (de tácito a tácito)*: es un proceso en el que se adquiere conocimiento tácito de otros, compartiendo experiencias y pensamientos con ellos, y comunicando ambos, de manera que quien los recibe incrementa su saber y llega a conseguir niveles cercanos a los del emisor (Kogut et al., 1992) en ese aspecto. Es preciso en esta fase la captación de conocimiento (por la interrelación de agentes internos y externos), y la diseminación y transferencia del conocimiento. Este es un proceso de gran incidencia en los oficios industriales, especialmente en las labores de mantenimiento industrial: Existe una fase de acoplamiento en que el nuevo operario debe asimilar todo el equipamiento, equipos e instalaciones de la planta industrial, normalmente mediante comentarios y explicaciones de compañeros con más antigüedad. Es un proceso que en grandes plantas industriales puede durar meses o años en ser totalmente operativo el operario (Cárcel, 2010).
2. *Externalización (de tácito a explícito)*: etapa en la que se transforma el conocimiento tácito en conceptos explícitos o comprensibles para la organización o para cualquier individuo, a través de la propia articulación de éste y de su traslado a soportes rápidamente entendibles (Nonaka y Konno, 1998). En los oficios industriales, esta etapa suele estar parcialmente sesgada. Se especifican partes de trabajo, tiempos de ejecución o periodos de realización de los trabajos, pero normalmente, las experiencias más valiosas (descripción de la reparación de una avería crítica, maniobras de emergencia, rearmado de equipos, etc), quedan explicitadas con breves partes de trabajo con indicación de la experiencia, quedando gran parte del conocimiento generado en forma tácita sólo en los miembros que han intervenido en la reparación o maniobra.
3. *Combinación (de explícito a explícito)*: es la parte del proceso que sintetiza los conceptos explícitos y los traslada a una base de conocimiento, mediante los siguientes procedimientos (Nonaka y Konno, 1998): captación e integración de nuevo conocimiento explícito esencial, a través de la recopilación, reflexión y síntesis; diseminación del mismo empleando los procesos de transferencia utilizados normalmente en la organización, tales como presentaciones, reuniones o correos electrónicos; y procesado, en documentos, planos, informes y datos de mercado. Se produce en los oficios industriales a través de la propia información técnica de la planta (planos de montaje, manuales de equipamiento, revisión de normativas, etc.), así como consulta de otras informaciones procesadas (históricos de mantenimiento, maniobras de las instalaciones, etc.)
4. *Internalización (de explícito a tácito)*: es la etapa del proceso en la que se amplía el conocimiento tácito de los individuos a partir del conocimiento explícito de la organización, al depurarse este

último y convertirse en conocimiento propio de cada persona. Dicha internalización requiere por un lado, la actualización de los conceptos o métodos explícitos y, por otro, la inclusión de dicho conocimiento explícito en tácito (Nonaka y Konno, 1998). Es necesario que el conocimiento explícito sea vivido o experimentado, bien pasando personalmente por la experiencia de realizar una actividad, o bien a través de la participación, para que así el individuo lo internalice según su propio estilo y hábitos. De esta forma los individuos usarán esta etapa para ampliar, extender y transformar su propio conocimiento tácito iniciando de nuevo el ciclo (Nonaka, 1991). En las actividades tácticas de mantenimiento o explotación, se produce a través de la propia información técnica de la planta, que los operarios deben asimilar para realizar los trabajos especificados.

La figura 2 muestra el modelo de creación del conocimiento en una perspectiva multinivel que se observa en la espiral del conocimiento, que no es un proceso lineal y secuencial, sino exponencial y dinámico, que parte del elemento humano y de su necesidad de contrastar y validar sus ideas y premisas. De esta forma, el individuo a través de la experiencia crea conocimiento tácito, el cual conceptualiza, convirtiéndolo en explícito individual. Al compartirlo con cualquiera de los agentes que intervienen en la organización se convierte en conocimiento explícito social. El siguiente paso consiste en internalizar las experiencias comunes, transformando el conocimiento explícito social en tácito individual (Martinez et al, 2002).

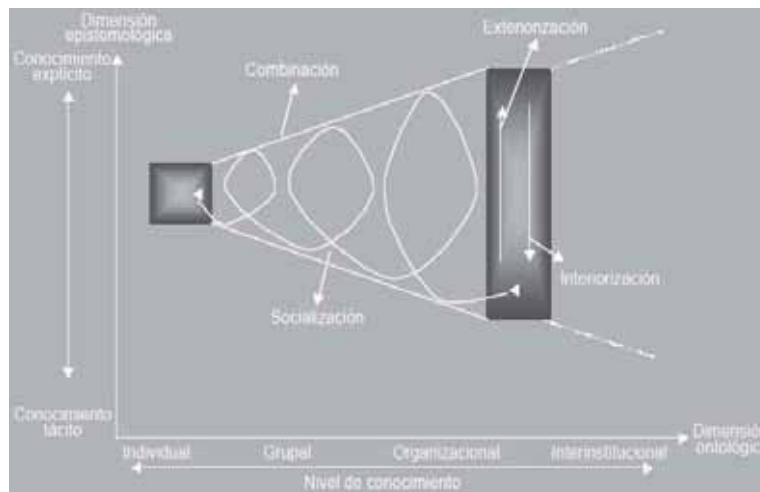


Figura 2: Espiral de creación del conocimiento. Fuente: (Nonaka y Takeuchi, 1995).

El contar con mecanismos para estructurar y usar experiencias pasadas dentro de la empresa industrial posibilita, que los miembros no improvisen continuamente sobre la misma experiencia (Cegarra et al, 2003). El foco de la gestión del conocimiento es aprovechar y reutilizar los recursos que ya existen en la organización, de modo tal que las personas puedan seleccionar y aplicar las mejores prácticas (Wah, 1999).

El conocimiento no puede ser concebido independientemente de la acción, cambiando la noción del conocimiento como una materia que los individuos o las organizaciones pueden adquirir, hacia el estudio del saber como algo que los actores desarrollan por medio de la acción. El trabajo de Polanyi ha sido muy influyente en la definición del conocimiento como algo dinámico, y cuya dimensión tácita dificulta su transmisión, que en gran medida está introducida en las actividades fundamentales de mantenimiento industrial.



Capítulo I
 Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

Según Rodríguez en su estudio sobre la creación y gestión del conocimiento en el sector empresarial (Rodríguez, 2006), algunos de los hechos que justifican la importancia de la gestión del conocimiento son (tabla 3 y 4), en donde se pueden observar los principales usos y razones para adoptar un sistema eficiente de gestión del conocimiento, como las ventajas percibidas por su utilización en todos los estamentos de la organización.

Principales usos de la GC (¿para qué?)	Principales razones para adoptar la GC (¿por qué?)
Capturar y compartir buenas prácticas.	Retener los conocimientos del personal.
Proporcionar formación y aprendizaje organizacional.	Mejorar la satisfacción de los usuarios y/o clientes.
Gestionar las relaciones con los usuarios y/o clientes.	Incrementar los beneficios.
Desarrollar inteligencia competitiva.	Soportar iniciativas de e-business.
Proporcionar un espacio de trabajo.	Acortar los ciclos de desarrollo de productos.
Gestionar la propiedad intelectual.	Proporcionar espacios de trabajo.
Realzar las publicaciones web.	
Reforzar la cadena de mando.	

Tabla 3: Principales usos y razones para la GC (Rodríguez, 2006) (elaborado a partir de Milan, 2001)

Resultados del proceso		Resultados organizativos		
Comunicación	Eficiencia	Financiero	Marketing	General
Mejorar la comunicación.	Reducir el tiempo para la resolución de problemas.	Incrementar las ventas.	Mejorar el servicio.	Propuestas consistentes para clientes multinacionales.
Accelerar la comunicación.	Disminuir el tiempo de propuestas.	Disminuir los costes.	Focalizar en el cliente.	Mejorar la gestión de proyectos.
Opiniones del personal más visibles.	Accelerar los resultados.	Mayores beneficios.	Marketing directo.	Reducción de personal.
Incrementar la participación.	Accelerar la entrega al mercado. Mayor eficacia global.		Marketing proactivo.	

Tabla 4: Ventajas percibidas por la existencia de sistemas de gestión del conocimiento (Rodríguez, 2006) (elaborado a partir de Alavi y Leidner, 1999).

Las estructuras de conocimiento se construyen sobre experiencia pasada y son utilizadas para ordenar datos para su siguiente interpretación y acción. De aquí que el conocimiento individual se orienta a las estructuras de conocimiento individual, mientras que el conocimiento grupal se relaciona a las estructuras de conocimiento organizacional (Pérez, 2007). La Figura 3 muestra los diferentes tipos de conocimiento organizacional y su relación con los diferentes tipos de activos de conocimiento.

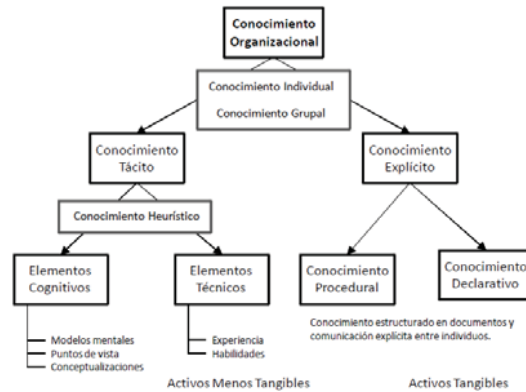


Figura 3: Tipos de conocimiento y relación con tipos de activos. Fuente: (Pérez, 2007).

La organización generadora de conocimiento tiene que diseñar formas de trabajo y establecer políticas que lleven a la empresa a una situación que se puede caracterizar mediante tres condiciones o facilitadores básicos (Peris et al, 2002). Los postulados de Peris, se acercan en gran medida a las medidas adecuadas que se deberían realizar en las actividades internas de la industria (mantenimiento y explotación), por las propias características de funcionamiento de estas áreas (Trabajo en equipo, fuerte componente de conocimiento tácito, acciones de emergencia y resolución de averías que pueden involucrar a toda la producción de la empresa, etc.):

1. Equidad y reconocimiento del esfuerzo y los méritos de cada miembro de la organización.
2. Fomento de la confianza en y entre los miembros de la organización, como un requisito para delegar en ellos la autonomía necesaria en el trabajo cualificado, y obtener la cooperación en la creación de conocimiento.
3. Congruencia entre los objetivos de la empresa y los objetivos e intereses de los trabajadores que llevan a cabo la creación de conocimiento.

Si se alcanzan estas grandes condiciones básicas, los demás aspectos de la organización son, en buena medida, cuestiones técnicas de diseño. Algunas de las principales características que debe tener el diseño de la organización creadora de conocimiento, son:

1. Niveles adecuados de formalización y centralización de la toma de decisiones.
2. Políticas y prácticas de recursos humanos. Contratar personal con la cualificación necesaria, adecuada formación (interna y externa), evaluación en base a resultados grupales, y asegurar la retención y permanencia en la empresa.
3. Importancia de los equipos de trabajo. Es básico por el contexto que crean para compartir conocimiento tácito y explícito. Es aconsejable que sean multifuncionales, se auto-gestionen y formen organizaciones paralelas.

Por ello, se trata de crear un espacio organizativo en el que los miembros de la organización, basando sus relaciones en las condiciones básicas expuestas, compartan información, objetivos e intereses. De este modo, aseguramos la cooperación voluntaria de los miembros de la organización y la contribución de su inteligencia que, en definitiva, son necesarias para la organización creadora de conocimiento.

3. La cooperación del grupo en la gestión del conocimiento.

La literatura marca numerosos roles y valores en la gestión del conocimiento tanto a nivel personal como organizacional (Cheong et al., 2010a, 2010b) El proceso de gestión del conocimiento, debe ser



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

establecido como una misión de grupo o equipo (formado por humanos), donde debe haber una sensibilización y pro-actividad para la captura de ese conocimiento por parte del grupo, y como en todos los grupos humanos, existe relación entre la competitividad y la cooperación entre sus miembros. Deben establecerse las condiciones adecuadas de dichas relaciones (Hooff et al., 2009; Kulkarni et al, 2007; Lin, 2007; Tirpak, 2005), para que tenga éxito en las unidades internas de explotación y mantenimiento de la empresa (normalmente por las condiciones intrínsecas de dichos operarios, existe un alto componente de estrés, plantillas reducidas, y un sentimiento propio de que “lo que yo sé, es lo que me hace tener valor dentro de la empresa, y no interesa compartirlo”. Es este factor humano el que hace tan difícil la integración del conocimiento del grupo.

Las teorías matemáticas que tan bien nos funcionan con temas materiales y racionales no son aplicables a los seres humanos, porque su “realidad” escapa de los mapas clásicos. Sin embargo, es extraña la cantidad de parecidos que podemos encontrar entre el ser humano y el mundo cuántico, aún cuando sea sólo por su obstinada manía de contradecir el sentido común y los convencimientos más arraigados (Henric-coll, 2009).

Roger Lambert realizó una serie de experimentos que permitieron relacionar el nivel de rendimiento en una tarea con el nivel de competitividad - cooperación entre miembros del grupo (Lambert, 1960). Los resultados pueden verse en el diagrama siguiente (figura 4), en el que el eje horizontal representa el nivel de competitividad entre miembros del grupo y el eje vertical el nivel de rendimiento y productividad del grupo. Este estudio, nos puede acercar, a la problemática que existe en la gestión del conocimiento, cuando intervienen grupos con excesivo estrés o carga de trabajo y el nivel de competitividad adecuado dentro de dicha organización, condiciones que sin duda se cumplen normalmente en las actividades de mantenimiento u explotación de las instalaciones de las empresas (elevado estrés, alta carga de trabajo, plantillas ajustadas, etc.)

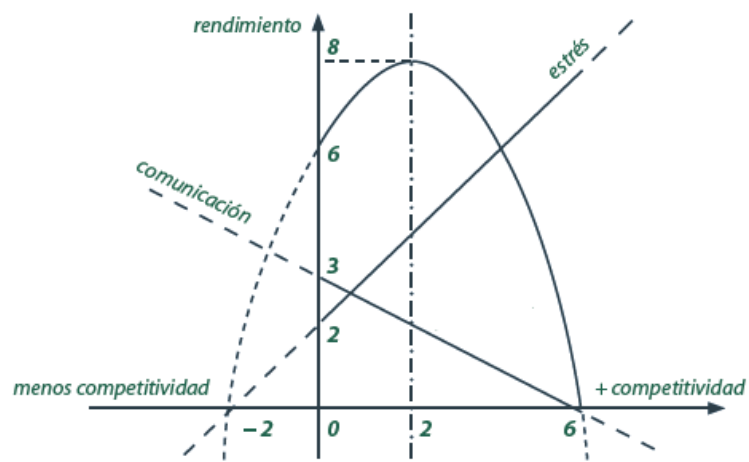


Figura 4: Nivel de rendimiento en una tarea en relación a nivel de cooperación miembros de grupo. Fuente: (Henric-coll, 2009), extraído de (Lambert, 1960).

Cuando el nivel de competitividad es nulo, el rendimiento también lo es. Cuando sube el nivel de competitividad, el rendimiento empieza subiendo hasta alcanzar un máximo, a partir del cual declina hasta convertirse en nulo para un nivel extremo de competitividad.

Paralelamente, se observa el nivel de comunicación entre miembros y el nivel de tensión. La comunicación es máxima cuando la competitividad es nula, y la totalidad de los mensajes son de naturaleza relacional. Progresivamente, los mensajes funcionales (sobre cómo realizar las tareas) van sustituyendo a los mensajes relacionales, aunque el nivel de comunicación baja según una línea de ajuste casi constante cuya pendiente está indicada en la gráfica. Por su parte, el nivel de tensión de los miembros, esencialmente para forzar a los demás a cumplir con los propios intereses personales, aumenta desde cero cuando no hay competitividad alguna, hasta ser máximo cuando la competitividad es máxima.

Resulta muy importante comprender que hasta cierto nivel de competitividad, el rendimiento aumenta, pero que declina pasado un punto más o menos situado en la media hasta llegar a ser totalmente nulo.

La productividad global de un grupo de trabajo es el producto de la suma de las acciones individuales de participación (acciones directas) y de la suma de las influencias individuales de coordinación. Esta es la razón por la que el rendimiento se convierte en nulo cuando la cooperación también es nula. La cooperación reduce la cantidad de esfuerzos egocéntricos e intensifica la comunicación funcional sobre la coordinación de esfuerzos. La competitividad provoca exactamente el contrario: egoismos y aislamiento.

El hecho de que el rendimiento del grupo crezca cuando aumenta la competitividad interpersonal hace creer a muchos mandos y directivos que la relación entre competitividad y rendimiento es una recta de tipo $y=ax+b$. Sin embargo, son totalmente desconocedores de que, pasado el punto máximo, el rendimiento disminuye hasta poder anularse. Están cayendo en el sofisma de generalización que consiste en creer que si una pequeña dosis es beneficiosa, una dosis mayor lo será siempre más.

4. Procesos y dimensiones en la gestión del conocimiento

Barragán analiza las taxonomías de modelos de gestión del conocimiento en donde se pueden encontrar puntos en común que permiten resumirlas y reagruparlas para poder homogenizar los criterios en áreas donde el estudio y desarrollo de la gestión del conocimiento han tenido un desenvolvimiento importante; entre estos criterios destacan aspectos teóricos, conceptuales, filosóficos, técnicos, científicos, cognitivos, de capital intelectual, sociales y de trabajo de la gestión del conocimiento como se describen en la tabla 5 (Barragán, 2009).

Criterios	Principales características
Conceptuales, teóricos, y filosóficos.	Modelos cuya principal característica consiste en enriquecer el estudio de la gestión del conocimiento desde un enfoque teórico y conceptual a partir del estudio de la epistemología y temas relacionados con el conocimiento, lo que permite ahondar sobre el entendimiento de este tipo de modelos.
Cognoscitivos y de capital intelectual.	Este tipo de modelos generalmente son desarrollados dentro de organizaciones e industrias que buscan hacer un uso intensivo del uso y aplicación del conocimiento con la finalidad de generar valor para sus productos y procesos; así como también para la búsqueda de soluciones a distintos problemas.
Sociales y de trabajo	En este rubro la principal característica que distingue a los modelos, es el estudio de la socialización del conocimiento entre distintos tipos de actores o grupos de trabajo con la finalidad de entender y optimizar los mecanismos de uso y transferencia del conocimiento para promover el beneficio social y/o grupal.
Técnicos y científicos.	Los modelos técnicos y científicos son aquellos que en una parte de este tipo de clasificaciones se incluyen modelos que logran incorporar el uso de las TIC para mejorar el uso y aplicación del conocimiento. Pero por otra parte dentro de esta categoría se incluyen también modelos que pretenden optimizar la gestión de la investigación y desarrollo tecnológico que se lleva a cabo dentro de una organización.

Tabla 5: Resumen de los principales criterios de clasificación encontrados en la literatura. Fuente: (Barragán, 2009).



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Las dimensiones en la gestión del conocimiento según los estudios empíricos y teóricos (Tari et al., 2009), que están relacionados directamente con el control de calidad, se pueden enumerar en las siguientes:

- Creación de conocimiento (aprendizaje organizativo): adquisición de información, diseminación de la información e interpretación compartida.
- Transferencia y almacenamiento de conocimiento (conocimiento organizativo): almacenar conocimiento y transferencia de conocimiento.
- Aplicación y uso del conocimiento (organización de aprendizaje): trabajo en equipo, promover el diálogo, establecer sistemas para capturar y compartir el aprendizaje, relación entre distintos departamentos o áreas funcionales y compromiso con el aprendizaje.

En las tablas 6, 7 y 8 se puede ver el resumen de los diferentes estudios con sus dimensiones teóricas a juicio de los autores.

Estudios	Dimensiones teóricas
<i>Creación (aprendizaje organizativo)</i>	
1. Slater y Narver (1995)	Adquisición de información, diseminación de la información, interpretación compartida.
2. Crossan <i>et al.</i> (1999)	Intuición, interpretación, integración, institucionalización.
3. Benavides y Escribá (2001)	Trabajo en equipo, relaciones organizativas.
4. Escribá y Roig (2002)	Equipos de trabajo.
5. Marquardt (2002)	Aprendizaje dinámico, transferencia de la organización, empowerment, dirección de conocimientos y aumento de la tecnología.
6. Chiva y Camisón (2003)	Experimentación, nuevas ideas, mejora continua, recompensas, apertura al cambio, observación, apertura e interacción con el entorno, aceptación del error y riesgo, heterogeneidad, diversidad, diálogo, comunicación y construcción social, formación continua, delegación y participación, trabajo en equipo, importancia del grupo, espíritu colectivo, colaboración, trabajadores con deseos de aprender, liderazgo comprometido, estructura organizativa y directiva poco jerárquica y flexible, conocimiento de objetivos y estrategias organizativas, accesibilidad e la información, sentido del humor, improvisación y creatividad.
7. Andreu <i>et al.</i> (2005)	Compromiso con el aprendizaje, visión compartida y mentalidad aperturista.
8. Chao <i>et al.</i> (2007)	Aprendizaje de explotación, aprendizaje de exploración, conocimiento tácito y conocimiento explícito.
9. Tippins y Sohi (2003)	Adquisición de información, diseminación de la información, interpretación compartida, Memoria declarativa y Memoria procesual.
<i>Transferencia y almacenamiento (conocimiento organizativo)</i>	
10. Guadamillas (2001)	Crear, almacenar, distribuir, aplicar.
11. Linderman <i>et al.</i> (2004)	Socialización, exteriorización, combinación, interiorización.
<i>Aplicación y uso (organización de aprendizaje)</i>	
12. Garvin (1993)	Solucionar problemas de forma sistemática, experimentación, aprendizaje de la experiencia pasada, aprendizaje de otros, transferencia de conocimientos.
13. Slater y Narver (1995)	Mentalidad emprendedora, orientación al mercado, estructura orgánica, liderazgo facilitador, planificación estratégica descentralizada.
14. Terziowski <i>et al.</i> (2000)	Modelos mentales, dominio personal, aprendizaje en equipo, idea de sistemas, visión compartida.

Tabla 6: Dimensiones teóricas según la literatura. Fuente: (Tari et al., 2009).



Estudios	Dimensiones empíricas
<i>Creación (aprendizaje organizativo)</i>	
15. Goh y Richards (1997)	Claridad de propósito y misión, liderazgo comprometido y capacitación, experimentación y recompensas, transferencia de conocimiento, trabajo en grupo y resolución de problemas.
16. Holt y Fewell (1997)	Orientación de equipo, orientación de sistemas, orientación de aprendizaje, orientación a la memoria.
17. Crossan y Hulland (2002)	Stocks de aprendizaje a nivel individual, stocks de aprendizaje en niveles de grupo, stocks de aprendizaje en el nivel organizativo, flujos de aprendizaje feed-forward, flujos de aprendizaje feed-back.
18. Jerez et al. (2004)	Compromiso directivo, visión del sistema, apertura y experimentación, transferencia e integración del conocimiento para que una organización aprenda.
19. Pérez et al. (2004)	Adquisición interna de conocimiento, adquisición externa de conocimiento, distribución del conocimiento, interpretación del conocimiento, memoria organizativa.
20. Prieto y Revilla (2004)	Flujos de aprendizaje, clima de aprendizaje.
21. Balbastro (2001)	Actualización de experiencia, articulación de conocimiento y codificación de conocimiento.
22. Calantone et al. (2002)	Compromiso con el aprendizaje, visión compartida, pensamiento abierto, compartir conocimiento intraorganizacional.
23. Martínez y Ruiz (2003b)	Capacidad de aprendizaje, estructura organizativa, cultura organizativa.
<i>Transferencia y almacenamiento (conocimiento organizativo)</i>	
24. Prieto y Revilla (2004)	Stocks de conocimiento
25. Molina et al. (2007)	Conocimiento interno, conocimiento de los clientes y conocimiento de los proveedores.
<i>Aplicación y uso (organización de aprendizaje)</i>	
26. Senge (1992)	Pensamiento sistémico, dominio personal, modelos mentales, construir una visión compartida y aprendizaje en equipo

Tabla 7: Dimensiones empíricas según la literatura. Fuente: (Tari et al., 2009).

Dimensiones de la gestión del conocimiento	Estudios teóricos	Estudios empíricos
<i>Creación (aprendizaje organizativo)</i>		
Adquisición de información	1,6,8,9,10,11	19,23
Diseminación de la información	6,8,9,10,11	19,23
Interpretación compartida	6,8,9,10, 11	19,23
<i>Transferencia y almacenamiento (conocimiento organizativo)</i>		
Almacenar conocimiento	10,11	17,24
Transferencia conocimiento en la organización	2,5,10,11,12	15,17,18,19,20,21,22,25
<i>Aplicación y uso (organización de aprendizaje)</i>		
Trabajo en equipo	3,4,6,10,14	15,16,26
Empowerment	5,6,10,14	26
Promover el diálogo	5,6,7,10,12,14	18,22,26
Establecer sistemas para capturar y compartir el aprendizaje	6,9,10	18,26
Relación entre distintos departamentos o áreas funcionales	3,6,7,10,13,14	15,16,18, 22, 23,26
Compromiso con el aprendizaje	6,7,10,14	16,22,23

Tabla 8: Dimensiones propuestas de la gestión del conocimiento. Fuente: (Tari et al., 2009).

Capítulo I
ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y SU CONOCIMIENTO
Capítulo II:
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Dentro del contexto de una empresa, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso, un enfoque de este proceso podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Wiig, 1997).

- *Generación del conocimiento:* estudia los procesos de adquisición de conocimiento externo y de creación del mismo en las organizaciones, poniendo en acción los conocimientos poseídos por las personas (Bueno, 2002).
- *Codificación, almacenamiento o integración del conocimiento:* poner al alcance de todos el conocimiento organizativo, ya sea de forma escrita o localizando a la persona que lo concentra.
- *Transferencia del conocimiento:* analiza los espacios de intercambio del conocimiento y los procesos técnicos o plataformas que lo hacen posible (Bueno, 2002). Esta fase puede realizarse a través de mecanismos formales y/o informales de comunicación.
- *Utilización del conocimiento:* la aplicación del conocimiento recientemente adquirido en las actividades rutinarias de la empresa.

La generación y transferencia del conocimiento son procesos que cuenta con una mayor cantidad de conocimiento tácito. Tanto en la etapa de codificación como en la etapa de utilización, el conocimiento tácito es convertido en conocimiento explícito para la comprensión y disposición del mismo de todos los miembros de la empresa. Bueno (2002) señala que los aspectos fundamentales de la Gestión del Conocimiento son la creación y la distribución del conocimiento.

En la Tabla 9.1 y 9.2, se puede ver un resumen de los procesos de la gestión por el conocimiento por diferentes autores, en donde se muestra algunos criterios dados por diferentes autores de los procesos de gestión del conocimiento recopilados por Quintana Fundora (2006).

AUTOR		
Wiig (1997)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación ▪ Adquisición ▪ Creación ▪ Codificación, almacenamiento o integración ▪ Transferencia ▪ Utilización 	PROCESOS DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Hernan Gómez (1998)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación ▪ Desarrollo ▪ Difusión 	
Revilla y Pérez (1998)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación ▪ Desarrollo ▪ Difusión ▪ Explotación 	
Benjamin Ditzel (2005)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planificación ▪ Definición del estado deseado o del que debe ser ▪ Análisis de la situación real ▪ Comparación de la situación real y la situación deseada ▪ Planificación de las acciones ▪ Desarrollo ▪ Generar ▪ Adquirir ▪ Ordenar ▪ Archivar el conocimiento ▪ Transferencia ▪ Utilización ▪ Evaluación y revisión 	
Alavi y Leiden (1999)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación ▪ Compartir 	



Grant (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distribución ▪ Generación ▪ Adquisición externa ▪ Creación interna ▪ Aplicación ▪ Identificación ▪ Medición ▪ Almacenamiento ▪ Transferencia
LLoria (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación ▪ Creación ▪ Desarrollo ▪ Transformación ▪ Renovación ▪ Difusión ▪ Aplicación o utilización
Pavez Salazar, A (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detección ▪ Selección ▪ Organización ▪ Generación ▪ Codificación ▪ Transferencia ▪ Filtrado ▪ Presentación ▪ Utilización
Wensley y Verwijk-O'Sullivan (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación ▪ Codificación ▪ Refinamiento ▪ Transmisión

Tabla 9.1: Procesos de la Gestión por el Conocimiento por diferentes autores. Fuente: Elaboración propia a partir de (Quintana, 2006)

AUTOR		
Alejandro A. Pavez Salazar (2000)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detectar y seleccionar ▪ Organizar y filtrar ▪ Presentar y usar 	PROCESOS DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Alavi y Leidner (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación ▪ Almacenar Recuperar ▪ Transferencia ▪ Aplicación 	
Bhatt (2001)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación Validación ▪ Presentación ▪ Distribución ▪ Aplicación 	
APQC citado por Luan/Serban (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificación ▪ Captura ▪ Transferencia 	
Alavi y Tiwana (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación ▪ Codificar ▪ Aplicación 	
Lai y Chu (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generación ▪ Modelar Repositorio ▪ Distribución y transferencia ▪ Uso 	
Lee y Hong (2002)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Captar ▪ Desarrollar 	

Capítulo I
ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y SU CONOCIMIENTO
Capítulo II:
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

	<ul style="list-style-type: none">▪ Compartir▪ Utilizar	
Petrides/Nodine (2003)	<ul style="list-style-type: none">▪ Generación▪ Almacenamiento▪ Distribución▪ Utilización	
Manual ARIS (2003)	<ul style="list-style-type: none">▪ Adquisición▪ Presentación▪ Transferencia▪ Utilización▪ Eliminación	
Corrêa da Silva y Agustí-Cullel (2003)	<ul style="list-style-type: none">▪ Generar y adquirir▪ Almacenar y guardar▪ Acceder- utilizar	
Blázquez Soriano, J.M (2004)	<ul style="list-style-type: none">▪ Generación▪ Captura▪ Procesamiento▪ Almacenamiento	
McCann y Buckner (2004)	<ul style="list-style-type: none">▪ Adquirir y construir▪ Compartir y retener▪ Aplicar	
Peluffo Argón, M. Beatriz (2005)	<ul style="list-style-type: none">▪ Generación▪ Participación o distribución▪ Utilización	

Tabla 9.2: Procesos de la Gestión por el Conocimiento por diferentes autores. Fuente: Elaboración propia a partir de (Quintana, 2006)

Hay que definir, por la relevancia que puede tomar, el concepto de pérdida o fugas de conocimiento, en donde nos encontramos con la extensa problemática de la pérdida del personal importante en la organización (factor que se produce con gran incidencia entre el personal de oficio, debido a la gran rotación de dicho personal o por las políticas de subcontratación de las empresas). Claramente se demuestra que el abandono de los individuos clave resulta una pérdida neta de conocimiento, limitando el grado al acceso del conocimiento y al aprendizaje para los empleados que los sustituyen al no poder contratar a un nuevo trabajador igualmente rentable. Una alta tasa de abandono rompe la continuidad en la organización y provoca un entorno social en el que los trabajadores desconfían de sus compañeros (Perez de Miguel, 2006).

5. Herramientas y tecnologías para la gestión del conocimiento

Es evidente que para la adecuada gestión del conocimiento, hace falta una serie de herramientas y tecnologías (Kim et al., 2009; Gray et al., 2006; Sher et al., 2004; Davenport, 1997; Wong et al., 2004), que produzcan un abaratamiento y confiera una evidente fiabilidad y eficiencia en la difícil tarea de capturar el conocimiento estratégico y que genera valor para la organización. Las empresas industriales japonesas fueron pioneras en el estudio y la aplicación de su gestión, sobre todo el sector del automóvil (tabla 10), tal y como define Rivas (Rivas et al, 2007), o con la definición de Binney (Binney, 2001), del espectro de la gestión del conocimiento, para diferentes áreas de la empresa industrial (tabla 11).

Organizaciones	Procesos existentes de Conocimiento	Origen	Tecnología de Información empleada
Nissan	Socializar el conocimiento	Necesidad de Innovar	Correo electrónico, almacenamiento de datos.
Toyota	Conocimiento tácito	Salir de un estatus de comodidad	Sistemas de comunicación de voz
Honda	Aprendizaje vivencial	Ventaja competitiva	Intranets, correo electrónico, comunicación de voz
Ford	Comunidades de práctica	Socialización del conocimiento, Conocimiento explícito	Intranet, correo electrónico, almacenamiento de datos
General Motors	Alianzas de aprendizaje	Sobrevivir /Adquisición del exterior a través de alianzas	Intranets, correo electrónico, almacenamiento de datos
Chrysler	Libros de conocimiento de Ingeniería	Innovación en productos	Almacenamiento de datos, intranets
Irizar	Conocimiento Explícito	Ventaja competitiva Evitar duplicar la búsqueda de solución a problemas	Intranet, correo electrónico
Volvo	Socialización del conocimiento	Ubicar las habilidades y conocimientos del personal	Intranet, directorios electrónicos, agentes inteligentes.

Tabla 10: Prácticas de la gestión del conocimiento en la industria del automóvil. Fuente: (Rivas et al., 2007).



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

	Transaccional	Análitica	Gestión de Bienes	Proceso	Desarrollo	Innovación y Creación
Aplicaciones de la Gestión del Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> Razonamiento basado en el caso (RBC) Aplicaciones de ayuda en el escritorio Aplicaciones de servicio al cliente Aplicaciones de entrada de pedidos Aplicaciones de Apoyo al Agente de servicio 	<ul style="list-style-type: none"> Almacenamiento de datos Búsqueda de datos Inteligencia de negocios Sistemas de gestión de la información Sistemas de apoyo a las decisiones Gestión de relaciones con los clientes (GRC) Inteligencia competitiva 	<ul style="list-style-type: none"> Propiedad Intelectual Gestión de documentos Evaluación del conocimiento Repositorios del conocimiento Gestión del Contenido 	<ul style="list-style-type: none"> TQM Benchmarking Mejores prácticas Gestión de calidad Reingeniería del proceso de negocio Mejoramiento del proceso Sistematización del proceso Lecciones aprendidas Metodología SEI/OCMM ISO/XXX Six Sigma 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de habilidades Competencias del personal Aprendizaje Enseñanza Entrenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Comunidades Colaboración Foros de discusión Redes Equipos virtuales Investigación y desarrollo Equipos multidisciplinarios
Tecnologías Facilitadoras	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas expertos Tecnologías cognitivas Redes semánticas Sistemas de expertos basados en reglas Redes de probabilidades Inducción a las reglas Árboles de decisiones Sistemas de información geoespacial 	<ul style="list-style-type: none"> Agentes inteligentes Expertos en internet DBMS de objetos y relaciones Cómputos neurales Tecnologías impuestas Análisis de datos y herramientas para los informes 	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas de gestión de documentos Motores de búsqueda Mapas de conocimiento Sistemas de biblioteca 	<ul style="list-style-type: none"> Gestión del flujo de trabajo Herramientas de los modelos del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento basado en los computadores Entrenamiento en línea 	<ul style="list-style-type: none"> Groupware-trabajo conjunto Correo electrónico Salas de chat Video conferencias Motores de búsqueda Correo de voz Carteleras Tecnologías impuestas Tecnologías de simulacro

Tabla 11: El espectro de la GM, sus herramientas y tecnologías. Fuente: (Binney, 2001).

Son numerosos los autores, que indican como valores relevantes, el conocer lo que queremos gestionar (el conocimiento), mediante las auditorias de mantenimiento, y clarificar como se distribuye dicha información-conocimiento en el seno de la organización, mediante herramientas sencillas, visuales e intuitivas, como pueden ser los mapas de información o los mapas de conocimiento.

LOS MAPAS DE CONOCIMIENTO

Un primer paso a dar, por evidente que parezca, es la identificación de los conocimientos que residen en el seno de la misma así como de sus características o elementos identificativos.

Un mapa del conocimiento es una herramienta para la localización del conocimiento dentro de una organización. Es similar a un mapa de información pero orientado a conocimiento en lugar de información. Puede tener una representación pictórica en forma de una red de conocimiento (Gil et al., 2008).

Algunas de las razones para elaborar el mapa de conocimiento organizacional (Perez, 2005), pueden ser definidas por las siguientes:

- Para encontrar fuentes claves y restricciones en la creación de conocimiento y en sus flujos.
- Para animar la reutilización y prevenir la reinención, identificando prácticas repetitivas, ahorrando tiempo de búsqueda y reduciendo los costes de adquisición.
- Para identificar las islas de experiencia y sugerir modos de construir puentes para incrementar la compartición de conocimiento (Goh et al., 2009).
- Para descubrir las comunidades eficaces y emergentes de práctica donde sucede el aprendizaje.
- Para mejorar los tiempos de respuesta al cliente, la toma de decisiones y la solución de problemas, proporcionando acceso a la información requerida.

- Para destacar oportunidades para el aprendizaje y distribución de conocimiento distinguiendo un significado único de “conocimiento” dentro de la organización. En el ámbito organizacional esto permite informar sobre el desarrollo de una estrategia de conocimiento.
- Para desarrollar una arquitectura de conocimiento o una memoria corporativa.

El mapa del conocimiento organizacional permite el diagnóstico de cada problema en su contexto particular, lo que hace más fácil identificar las partes de la organización afectadas y que pueden ser involucradas en la búsqueda de una solución. En el se recogerán todos los conocimientos detectados, así como una descripción de su contenido y sus principales características.

Quintana (Quintana, 2006) afirma que un mapa de conocimiento es un mapa actualizado que nos indica cuál es el conocimiento existente y dónde se encuentra, pero que no contiene al mismo conocimiento, solo la referencia de donde encontrarlo. El desarrollo de un mapa de conocimiento supone localizar el conocimiento importante para la organización y, posteriormente, publicar listas o representaciones que muestren donde encontrarlo.

Según d’Alòs-Moner (d’Alos-Moner, 2003) los mapas del conocimiento permiten tener una visión gráfica de cuál es la situación de la organización en relación con su conocimiento, entendido como parte de su capital intelectual.

Para Bueno (Bueno, 2003) el mapa de conocimiento es un conjunto de información capaz de ser fácilmente asimilable, es decir, convertirse en conocimiento. Permite encontrar eficientemente información relevante para la toma de decisiones y la resolución de problemas.

El mapa puede hacer referencia a personas, instituciones, documentos en cualquier soporte y bases de datos propias o externas. Para Vail un mapa de conocimiento es la exposición visual de información capturada mediante texto, gráficos, modelos o números, así como de las relaciones existentes dentro de dicha información (Vail, 1999).

Para Seemann (Seeman et al., 1997), los mapas de conocimiento muestran dónde encontrar fuentes importantes de conocimiento en la organización, apuntando a repositorios de documentos importantes o a personas expertas en alguna materia. De otro lado, el uso de repositorios de documentos es más beneficioso si se construyen siguiendo los principios de los mapas de conocimiento.

Un repositorio de documentos es un “almacén” de documentos que contienen conocimiento. Según Grover (Grover et al., 2001), los repositorios normalmente contienen un tipo específico de conocimiento para una función o proceso de negocio concreto. El objetivo es capturar el conocimiento para que posteriormente muchos otros miembros de la compañía puedan tener acceso a ese conocimiento. En la tabla 12 se describen las principales características de un mapa del conocimiento.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

CARACTERÍSTICAS MAPAS DEL CONOCIMIENTO		
ATRIBUTOS	FUENTES DEL M.C.	UTILIDADES DEL M.C.
<ul style="list-style-type: none"> Constituye la recopilación de los conocimientos de los que se dispone en una unidad / empresa. Enumeración de conocimiento explicitado y documentado, y también conocimiento tácito que tienen las personas relevantes. Conocimiento priorizado y agrupado. El mapa nos indica, además, cómo llegar a este conocimiento relevante: qué personas lo tienen, en qué soporte se encuentra, etc. Permite identificar las lagunas de conocimiento. El mapa del conocimiento pretende ser la herramienta de diseño y mantenimiento del programa de gestión por el conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Estructuradas, como por ejemplo datos de una base de datos interna o informes procedentes de proveedores externos. Información desestructurada en diferentes documentos y tipos de soporte. Conocimiento tácito localizado en la mente de un experto. 	<ul style="list-style-type: none"> Facilita la concentración de recursos en los procesos de creación del conocimiento. Evita que las personas se dediquen a crear conocimientos que ya existen. Permite localizar la mejor fuente / experto para conseguir un conocimiento. Identificar necesidades de conocimiento, y el conocimiento que hay que desaprender. Identificación de las áreas y procesos donde la implantación de una iniciativa de gestión del conocimiento proporcionará más valor a la organización. Es la base para el diagnóstico de la gestión del conocimiento identificado y la búsqueda de acciones de mejora. Aplicación inmediata a otros procesos: de gestión de información, intranet, gestión de calidad, etc. Indica dónde pueden establecerse las comunidades y centros de interés o de práctica. Formalización y organización de todos los inventarios de conocimiento. Percepción de las relaciones entre los conocimientos. Eficiente navegación en el inventario del conocimiento. Promoción de la socialización/externalización conectando a los expertos con los exploradores del conocimiento.

Tabla 12: Características fundamentales de los mapas de conocimiento. Fuente: elaboración propia a partir de (Seeman et al. 1997).

En resumen los resultados de un mapa de conocimiento deben ser:

- La generación de conocimiento.
- La presentación
- La transferencia e intercambio del conocimiento.

La integración de este conocimiento en la organización y un medio para llegar hacia la “organización que aprende”.

A modo de ejemplo se puede apreciar en la figura 5, un mapa de conocimiento que nos muestra de manera gráfica las actividades que se requieren realizar en un proceso que se está describiendo, el responsable de dicho proceso, el conocimiento requerido, el conocimiento creado, el conocimiento faltante, los usuarios, el conocimiento proporcionado, sus usos y como fluye entre los poseedores del conocimiento y los destinatarios.

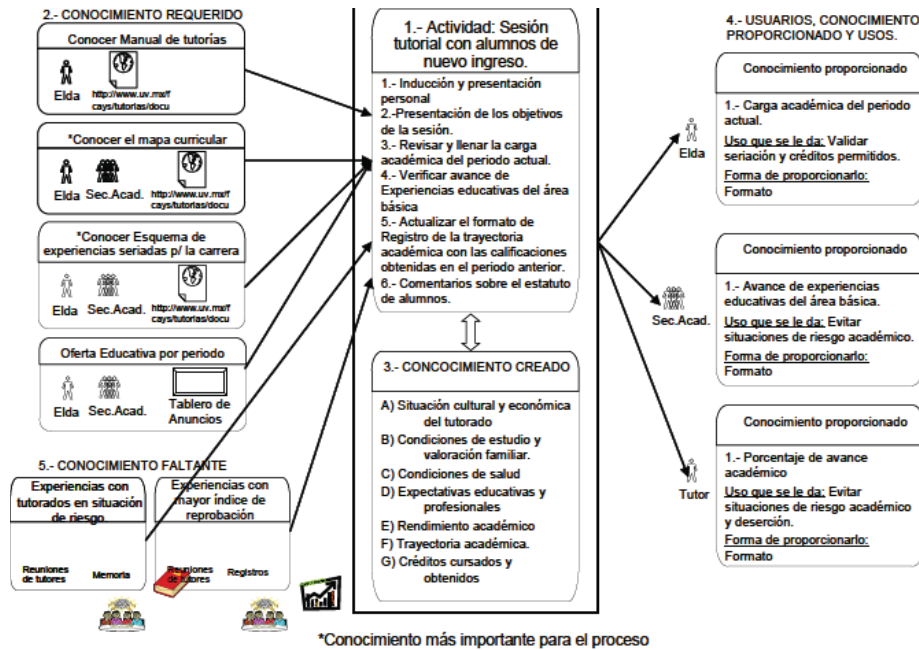


Figura 5: Ejemplo de mapa de conocimiento de una sesión tutorial. Fuente: (Gil et al., 2008).

Hay que tener en cuenta en la construcción de un mapa de conocimiento se deben de realizar 4 actividades (Hansen, 2004):

- Dibujar todos los elementos importantes de la estructura organizacional: Seleccionar un área de la organización para empezar y, a partir de ésta, comenzar a dibujar las unidades organizacionales, documentos, sistemas informáticos, o recurso humano. Este último elemento, se pueden indicar características adicionales como sus roles específicos e importancia. Se pueden utilizar imágenes que representen los informes escritos y utilizar sus abreviaciones formales para distinguirlos. La misma estrategia se puede utilizar para describir los sistemas informáticos. Lo importantes es que sean comprendidos por los participantes que ayudarán posteriormente a analizar el mapa en caso de que sea necesaria su validación.
- Describir todos los flujos de conocimiento: Se especifica el flujo entre dos o más personas o elementos de conocimiento y se indica lo que representa ese flujo. Se pueden utilizar los diferentes para representar los flujos dependiendo el nivel del mismo.
- Proporcionar el contexto para los flujos de conocimiento: Una vez que el mapa es analizado y validado por la organización, se identifican características adicionales para ser añadidas al mapa, y se identifican cuáles son los flujos problemáticos y cuáles se han omitido. Se puede utilizar otro color para destacar las áreas problemáticas, y se marcan con un signo de exclamación grande. Finalmente, este paso también puede usarse para indicar sobre el mapa donde se pueden generar nuevas ideas e iniciativas señalándolas con la imagen de un foco.
- Analizar los problemas identificados para entender sus orígenes y causas: Esto se complementa en el mapa con una lista de áreas de mejoras. El mapa permite el diagnóstico de cada problema con su contexto particular en lo que concierne a la estructura y el proceso, que hace más fácil identificar qué partes de la organización están afectadas y que pueden ser involucradas en la búsqueda de una solución.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

LA AUDITORÍA DEL CONOCIMIENTO

La auditoría del conocimiento es el primer paso que se debe llevar a cabo en los proyectos de gestión de conocimiento (GC).

En la literatura revisada se ha encontrado un uso de ontologías como formalismo para representar el conocimiento como apoyo a los procesos de Auditoría del Conocimiento en las organizaciones. La necesidad de aplicar ontologías en el modelado de procesos es tema de interés (Rojas et al., 2009). El modelado de procesos describe el dominio de la aplicación en términos de un sistema formado por un conjunto de elementos relacionados: objetivo, procesos, actividades (flujo de trabajo), objetos, actores, estructura organizacional, reglas de negocio y eventos. En ocasiones, el modelar cada uno de estos elementos no se apoya de un método claro que permita hacerlo. En este sentido, una ontología podría contribuir a lograr tal claridad conceptual.

Las ontologías ayudan también, a los grupos de modelado de procesos a establecer, diferenciar y relacionar objetivos, procesos, actividades, recursos, reglas, actores, tecnologías y eventos que caracterizan a los sistemas de negocios. Asimismo, facilita la comunicación entre los actores que participan en el desarrollo de software, al proporcionar una definición única y consensual de los conceptos del dominio de la aplicación.

Los resultados obtenidos de una auditoría del conocimiento, son los requisitos para desarrollar adecuadamente un proyecto de gestión del conocimiento (Paniagua, 2007).

En la tabla 13 se pueden observar las características fundamentales que debería cumplir una auditoría del conocimiento.

CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LA AUDITORÍA DEL CONOCIMIENTO			
Los objetivos que persigue la auditoría del conocimiento (Debenham, 1994):	Resultados que debe incluir un reporte de auditoría:	Debe dar respuesta a las siguientes preguntas (Pérez, 2007):	Métodos de análisis
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obtener una visión amplia y estructurada de conocimiento contenido en una determinada sección de una organización. ▪ Identificar fuentes de conocimiento. ▪ Caracterizar cualitativa y cuantitativamente el conocimiento ubicado en las fuentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descripción del proceso auditado. ▪ Análisis de sensibilidad de lo encontrado y sus respectivas conclusiones. ▪ Diagrama de bloques del conocimiento auditado, las relaciones entre los bloques y las fuentes donde reside el conocimiento. ▪ Descripción de los medios utilizados para registrar la información relacionada con las características cualitativas y cuantitativas del conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué conocimiento necesita la organización para apoyar su negocio? • ¿Dónde está el conocimiento en la organización? • ¿Cómo fluye el conocimiento dentro de la organización? • ¿Cómo se captura, almacena e intercambia el conocimiento? • ¿Cómo se ha hecho visible ese conocimiento? • ¿Cómo las personas mantienen actualizado dicho conocimiento? • ¿Cómo es definido el conocimiento en la organización? • ¿Cómo se crea el conocimiento en la organización? 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Cuestionarios basados en encuestas de conocimiento: estos ayudan a obtener amplias descripciones sobre el estado de operación del conocimiento. ☑ Análisis ambiental de las tareas: ayuda a entender que conocimiento está presente en roles. ☑ Análisis del protocolo verbal: identifica elementos del conocimiento. ☑ Mapeo del conocimiento: usado para desarrollar mapas conceptuales o jerárquicos. ☑ Análisis de la función crítica del conocimiento. ☑ Análisis de requerimientos y uso del

			conocimiento. <input checked="" type="checkbox"/> Elaboración de un inventario de conocimiento.
--	--	--	--

Tabla 13: Características fundamentales de la auditoría del conocimiento. Fuente: elaboración propia a partir de varios autores.

Otros autores (Leibowitz, 2000) describen otros métodos de análisis que pueden ser utilizados dentro de las auditorías:

1. Identificar el conocimiento que actualmente existe en el área a analizar. Consiste en determinar fuentes, flujos y restricciones en el área, y localizar el conocimiento tácito e explícito y construir un mapa de conocimiento y flujo de conocimiento.
2. Identificar el conocimiento perdido en el área.
3. Proporcionar recomendaciones en la auditoría del conocimiento con respecto al estatus y a posibles mejoras para las actividades de gestión de conocimiento.

Con la auditoría se identifican oportunidades y ayuda a ubicar y evaluar las fuentes donde se encuentra almacenado el conocimiento, las actividades que transforman el conocimiento, y los factores que intervienen en estas actividades, y por último permite establecer patrones de solución (Perez, 2007). Además ayuda a obtener los requerimientos para el diseño de un sistema eficiente de gestión de conocimiento, con la exploración de las primeras actividades a realizar en la cadena del conocimiento (Holsapple et al., 2004).

6. Metodología de la investigación

Dado que se trata de medir un activo intangible (los procesos de gestión de conocimiento), es de difícil medición. Es por ello que algunos autores propongan medidas para valorar el conocimiento de tipo cualitativo en lugar de cuantitativo (Edvinsson et al., 1997; Norton et al., 1996; Baez, 2007).

La presente investigación ha consistido en el estudio de diez casos de personal técnico involucrado en las áreas de mantenimiento de una empresa industrial del área agroalimentaria. Se ha elegido el estudio de casos por ser una estrategia que se orienta a comprender en profundidad las dinámicas presentes dentro de escenarios individuales y a descubrir nuevas relaciones y conceptos, cuestiones importantes de este estudio, más que verificar o comprobar proposiciones previamente establecidas (Eisenhardt, 1989; Yin, 1995; Rodríguez et al., 1996). Mediante entrevistas semi-estructuradas, observación directa y documentos, se ha permitido identificar los procesos de generación y transferencia del conocimiento y los elementos que intervienen dentro de una organización de mantenimiento de una empresa industrial, marcando las barreras y facilitadores que están presentes en dicha actividad.

Se ha seleccionado aquel diseño que permita conocer lo más posible el fenómeno de estudio y que los casos concretos ofrezcan una oportunidad de aprender. Esto se logra en la medida en que: (1) se tenga fácil acceso a los casos, (2) exista una alta probabilidad de que se dé una mezcla de procesos, programas, personas, interacciones y/o estructuras relacionadas con las cuestiones de la investigación y, (3) se asegure la calidad y credibilidad del estudio (Zapata, 2001 extraído de Eisenhardt, 1989 y Rodríguez et al., 1996).

Para este estudio, se ha utilizado una población formada por técnicos y mandos de un departamento de mantenimiento de una empresa industrial del sector agro-alimentario. La muestra utilizada ha sido de 4 mandos o jefes de mantenimiento y 6 técnicos operativos de mantenimiento (Tabla 14). En la empresa



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y 6. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

seleccionada para entrevistar a diverso personal técnico de mantenimiento, se ha buscado, que tenga alta incidencia los departamentos internos de mantenimiento y explotación, que se encuentre en un sector altamente competitivo, tener una implantación a nivel nacional con factorías industriales distribuidas en diferentes puntos territoriales, y las personas seleccionadas para las entrevistas, fueron mandos de los departamentos de mantenimiento o técnicos de mantenimiento. En la selección, la experiencia mínima en el desempeño de dichas actividades que se ha buscado en las personas seleccionadas para la entrevista es de 10 años, de manera que sepan en profundidad y conocimiento el desempeño de sus funciones, así como las limitaciones normales en su puesto de trabajo. Se comienza con la recogida de datos hasta que se alcanza la saturación teórica, que es el punto donde un aumento de la muestra no aporta elementos ni categorías a los resultados (Pace, 2004).

POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN					
PERSONAL TOTAL EMPRESA	1137				
SECTOR EMPRESA	INDUSTRIA AGRO-ALIMENTARIA				
PERSONAL TOTAL ÁREA MANTENIMIENTO	230				
PERSONAL ENTREVISTADO AREA MANTENIMIENTO	SECCIONES	INSTALACIONES	PRODUCCIÓN	MECÁNICOS	SISTEMAS
	MANDOS O JEFES	1	1	1	1
	TÉCNICOS OPERATIVOS	2	2	1	1
TOTAL ENTREVISTADOS	10				

Tabla 14: Población y muestra del estudio cualitativo. Fuente: elaboración propia.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación han sido: La entrevista semi-estructurada y análisis por la teoría fundamentada, la observación directa y los documentos de la empresa relacionados al fenómeno de estudio, son los principales métodos de recolección de datos en esta investigación. Recolectar información de diversas fuentes, personas o sitios, utilizando una variedad de métodos reduce el riesgo de que las conclusiones reflejen solamente las predisposiciones o las limitaciones de un método específico, lo que permite obtener una mejor evaluación de la validación y generalización de los resultados (Maxwell, 1996).

La metodología seguida para este análisis se presenta en forma sintetizada en la figura 6.

La teoría fundamentada: Dentro de las técnicas cualitativas, en el análisis de los datos de la investigación, se ha utilizado la teoría fundamentada (Grounded Theory) (Hardy y Bryman, 2004; Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967; Miles et al., 1994; Douglas, 2004; Eich, 2008; Partington, 2000).

Con la teoría fundamentada a diferencia de los estudios cualitativos, la muestra que se utiliza es muy diferente, comenzándose por una muestra general del tipo de empresas o personas donde deben comenzar las entrevistas, y la muestra será ajustada conforme avanza la investigación del tema de estudio, hasta llegar a un punto de saturación teórica.

Con el fin de obtener información que no esté condicionada a las respuestas de los entrevistados, se sigue un protocolo de entrevista en profundidad semi-estructurada con un estilo flexible, para extraer y

entender las experiencias desde la visión del entrevistado, todos ellos con larga trayectoria y experiencia en el sector de mantenimiento. El entrevistado es un informante, y además de proveer aspectos relevantes, sugiere fuentes adicionales que puedan corroborar la evidencia (Yin, 1995).

Observación directa: Es el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste. La técnica de la observación provee información adicional sobre el objeto de estudio, al permitir obtener datos sobre aspectos que son más fáciles de percibir visualmente que a través de la comunicación oral. Para efectos de esta investigación, se realizó la observación directa casual propuesta por Yin (1995), la cual se llevó a cabo sin protocolos y evitando que los sujetos observados se sintieran bajo estudio, con lo que cambiarían su conducta habitual. Esta observación se desarrolló durante la etapa de investigación, en que se tenía entrada directa por parte de la empresa en todas las áreas donde desempeña la función de mantenimiento.

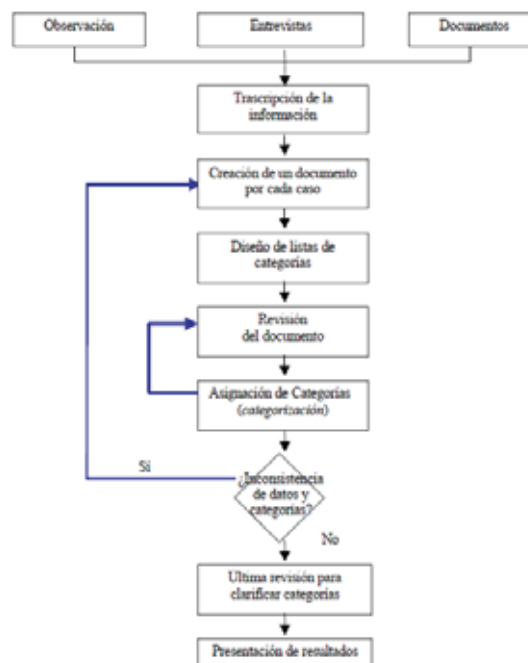


Figura 6: Metodología del análisis individual de casos. Fuente: Zapata, 2001 a partir de Miles et al., 1994

Documentos: Para el estudio de casos, el uso más importante de los documentos es corroborar y aumentar la evidencia de otras fuentes. Los documentos son útiles para inferir cuestiones no evaluadas con anterioridad (Yin, 1995). Los documentos que se analizaron fueron los documentos utilizados en la práctica diaria (partes de trabajo, programas de mantenimiento), planimetría y documentos fotográficos y procesos de que disponía la propia organización.

El guión de la entrevista que se preparó fue el siguiente:

Se pretende estudiar los factores que intervienen en la Gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento dentro de la empresa industrial. Basándose en su experiencia personal, conteste a las siguientes preguntas:



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- 1) *¿Existe alguna política de gestión del conocimiento dentro de la empresa? ¿Y dentro de las propias actividades de mantenimiento?*
- 2) *En su actividad diaria en el desempeño de sus funciones, ¿Cómo se crea o genera el conocimiento que utiliza normalmente en sus funciones?*
- 3) *¿Cómo se produce la codificación y almacenamiento, del conocimiento generado? ¿De qué manera contribuye usted? ¿Y el resto de sus compañeros?*
- 4) *¿Cómo se produce la transferencia de ese conocimiento, que usted posee o necesita? ¿En qué medida afecta el nivel del conocimiento tácito a la resolución de fallos o paradas no programadas en dichas estructuras técnica?.*
- 5) *¿De qué manera utiliza el conocimiento almacenado, y en qué repercute a la empresa?*
- 6) *¿Qué barreras cree que existen dentro de los trabajos de mantenimiento para que se produzca una adecuada gestión del conocimiento?.*
- 7) *¿Qué facilitaría la mejora de la gestión del conocimiento en el desempeño? ¿Qué cree que podría hacer usted para mejorarlo o la empresa?*
- 8) *¿Qué implicación existe de sus mandos superiores, en relación a la gestión del conocimiento?*
- 9) *¿Se ha realizado alguna auditoría del conocimiento? ¿Se han creado o utilizado mapas de conocimiento para clarificar los flujos de conocimiento, dentro de las actividades tácticas más importantes?*

El paso previo al análisis de los datos, fue transcribir las entrevistas, las notas hechas durante la entrevista, las observaciones realizadas y la información útil de los documentos revisados. Contar con la información redactada de cada uno de los casos en un sólo documento, permitió analizar la información de una manera más clara dentro de un cúmulo de datos y compararlos desde diferentes evidencias (Eisenhardt, 1989). Los casos estudiados fueron analizados individualmente y de forma cruzada con base en las estrategias de categorización y contextualización descritas por Maxwell (Maxwell, 1996).

El análisis de los datos se realizó con la ayuda de la aplicación Atlas.ti 5.0 de la empresa ResearchTalk Inc.

7. Resultados.

Se construyó una lista de categorías para apoyar la consistencia de los datos en cada uno de los casos y facilitar la asignación de las categorías a analizar (Miles et al., 1994). La lista de categorías se comenzó a realizar durante la etapa de la recolección de datos, a partir de la teoría, las preguntas de investigación y los resúmenes de las entrevistas. Esta lista fue modificada a lo largo del trabajo de campo y durante el análisis de los casos. La categorización de los datos de cada uno de los casos fue un proceso iterativo en el cual inicialmente los datos fueron asignados a las siguientes categorías:

- Adquisición de conocimiento externo e interno: actividades del exterior o interior que apoyan los procesos organizativos y proporcionan un nuevo conocimiento en la actividad de mantenimiento.
- Elementos importantes de la generación del conocimiento: acciones individuales y organizativas que apoyan o limitan la generación del conocimiento.
- Transferencia del conocimiento mediante mecanismos formales e informales: Los mecanismos formales codifican o almacenan el conocimiento en bases de datos, documentos o herramientas informáticas, a los cuales se puede acceder y utilizar fácilmente por cualquier miembro de la organización (Hansen et al., 1999). Informales, mecanismos que ayudan a transferir el conocimiento a través del contacto directo de persona a persona.
- Elementos importantes de la transferencia del conocimiento: acciones individuales y organizativas que apoyan o limitan la transferencia del conocimiento.
- Utilización del conocimiento: La aplicación del conocimiento recientemente adquirido en las actividades rutinarias de mantenimiento en la empresa.
- Utilización de herramientas para la Gestión del conocimiento: Utilización de auditorías y mapas de conocimiento que mejoren los procesos en los que está involucrada la actividad de mantenimiento.

Realizado el análisis de los casos tanto en forma individual como cruzada, fue posible detectar los principales factores que intervienen en la gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, las barreras y facilitadores, y la posible influencia en la operativa general de dicha actividad. La interacción de las organizaciones con su entorno, junto con los medios con los cuales éstas crean y distribuyen información y conocimientos, son más importantes cuando contribuyen a una comprensión activa y dinámica de la empresa (Nonaka, 1994).

8. Discusión

En el análisis de los datos, se han detectado los principales factores que intervienen en la gestión del conocimiento en la actividad del mantenimiento, que influyen de manera exponencial, en la propia eficiencia general de la empresa (Tabla 15), dado que afectan a su fiabilidad operativa y repercusiones económicas. Aunque los datos obtenidos indican grandes similitudes entre lo observado por parte de los técnicos y los mandos de mantenimiento, existen ciertas diferencias por el ámbito de su propia característica de los puestos de trabajo, dado que los mandos, normalmente disponen de formación universitaria, acostumbrados a utilizar herramientas informáticas, y con un componente más organizativo de su función, en comparación a los técnicos operativos.

CATEGORIA DEL FENÓMENO ESTUDIADO	TÉCNICOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO	MANDOS O JEFES DE MANTENIMIENTO
ADQUISICIÓN Y GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO	<p>Externo: Suministradores de material y equipamiento. Catálogos y guías de fabricantes. Empresas instaladoras y montadoras externas. El propio cliente interno (Resto de la industria).</p> <p>Interno: Autoaprendizaje. Cursos de formación Reuniones formales en el área. Reuniones informales con otros compañeros.</p>	<p>Externo: Contacto con empresas del sector (Áreas de producción y mantenimiento) Suministradores de material y equipamiento. Catálogos y guías de fabricantes Empresas instaladoras y montadoras externas. El propio cliente interno (Resto de la industria). Consultas por internet. Asistencias a congresos y ferias sectoriales.</p> <p>Interno: Autoaprendizaje. Cursos de formación Reuniones en el área</p>
ELEMENTOS EN LA ADQUISICIÓN Y GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO	<p>Actitud proactiva de la dirección. Motivación del personal. Oportunidad de aprender. Formar parte en la toma de decisiones. Formación específica en el entorno. Acceso ágil a fuentes externas.</p>	<p>Actitud proactiva de la dirección. Tamaño de la empresa. Motivación del personal. Oportunidad de aprender. Formar parte en la toma de decisiones de inversión. Formación específica en el entorno. Acceso ágil a fuentes externas.</p>
TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO	<p>Mecanismos Formales: Documentos Intranet Reuniones del área mantenimiento.</p> <p>Mecanismos Informales: Comunicación cara a cara Pláticas de pasillo</p>	<p>Mecanismos Formales: Documentos Intranet Reuniones del área mantenimiento. Análisis de datos cuantitativos de indicadores.</p> <p>Mecanismos Informales: Comunicación cara a cara Pláticas de pasillo. Reuniones con compañeros de otras</p>



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

		empresas. Correo electrónico. Intranet.
ELEMENTOS EN LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO	Ambiente de trabajo. Motivación del personal. Formar parte en la toma de decisiones. Herramientas sencillas de captación del conocimiento. Disponibilidad de tiempo.	Estilo directivo. Motivación del personal. Formar parte en la toma de decisiones. Herramientas sencillas de captación del conocimiento. Disponibilidad de tiempo.
UTILIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO	Resolución averías. Conocimiento del entorno. Ver oportunidades de acciones.	Planificación del mantenimiento. Marcar prioridades. Optimizar recursos técnicos. Optimización económica. Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuestas.

Tabla 15: Factores en la G.C. observadas según sus dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

Adquisición y generación del conocimiento: Las relaciones con empresas especialistas subcontratadas, empresas instaladoras, fabricantes de materiales y equipamiento y relaciones con departamentos de mantenimiento de otras empresas, se han manifestado como las fuentes fundamentales de la adquisición y generación del conocimiento externo. En cuanto a la generación de conocimiento por medios internos, las reuniones propias de la organización y conversaciones informales con otros compañeros, así como el auto-aprendizaje son las principales fuentes de adquisición y generación. Estas actividades adquiridas del exterior o interior son las que en mayor medida apoyan los procesos organizativos y proporcionan un nuevo conocimiento a la organización de mantenimiento y por tanto a la empresa.

De igual manera, en la presente investigación, se ha detectado que una actitud proactiva de la dirección, la existencia de cultura organizativa en el propio departamento de mantenimiento y una motivación del personal involucrado que infunda oportunidades de aprender, son elementos importantes en la generación del conocimiento. En cuanto las barreras, la poca disponibilidad de tiempo, para utilizarlo en acciones que no sean propias de la actividad de mantenimiento, la dispersión o no actualización de la información necesaria.

Las relaciones con empresas subcontratistas, fabricantes de material y equipamiento y relaciones con departamentos de mantenimiento de otras empresas con el fin de aprender conocimientos tecnológicos específicos, necesarios para el mejor desempeño de su actividad, se han revelado como principales factores en la adquisición de conocimiento externo, que permite la creación de conocimiento individuales que posteriormente generarán conocimiento organizativo. Los mandos dan también incidencia a las consultas por internet y asistencia a congresos y ferias sectoriales, así como contactos informales con empresas del sector.

Que los empleados formen parte en la toma de decisiones, el tamaño de la empresa y una dirección participativa, influyen positivamente en la adquisición y generación del conocimiento externo, los técnicos tomen decisiones en el ámbito de su trabajo diario, siendo lo valorado por los mandos formar parte de la toma de decisiones estratégicas.

En cuanto a la adquisición del conocimiento interno, la información proveniente de los clientes internos (producción y otras áreas en el caso de empresas industriales, y de clientes externos en el caso de empresas de servicios como pueden ser hoteles, etc.), permite ofrecer a éstos los servicios que realmente necesitan, y da a la organización la oportunidad de saber qué es lo que están requiriendo los clientes que hacen uso de la actividad de mantenimiento.

La creación de conocimiento interno se basa en el auto-aprendizaje del empleado y en las reuniones realizadas entre los miembros de los equipos humanos de mantenimiento. Viene en función de la motivación personal y es clave en este tipo de actividad, en un entorno altamente tecnológico, que ayuda a ofrecer un mejor servicio. El auto-aprendizaje depende del conocimiento tácito individual desarrollado a través de su experiencia, del aprendizaje mediante la acción, la interacción social y la comunicación dentro de la empresa, que lo favorece un estilo directivo participativo (Zapata, 2001).

Como herramienta de socialización que apoya la creación del conocimiento organizativo, las reuniones son utilizadas de una manera fundamental. Con ello se promueve el aprendizaje entre todos los miembros y apoya que puede desencadenar en nuevas ideas. Esta forma de creación interna de conocimiento es apoyada por la cultura organizativa y la motivación personal de cada uno de los miembros de la organización de mantenimiento, detectándose entre los técnicos en mayor grado, el uso de reuniones o conversaciones informales.

Transferencia del conocimiento mediante mecanismos formales e informales: Los mecanismos formales que codifican o almacenan el conocimiento, documentos (informes, manuales, planos, bases de datos, etc.) o herramientas informáticas, a los cuales se puede acceder y utilizar fácilmente por cualquier miembro de la organización (Hansen et al., 1999). Los mecanismos Informales, ayudan a transferir el conocimiento a través del contacto directo de persona a persona.

Los documentos son los que tienen un mayor impacto en la organización al momento de transferir el conocimiento, pero desafortunadamente no existe tiempo suficiente para documentar aquellas actividades o acciones importantes para el desarrollo de los servicios que se prestan. Las reuniones son relevantes para la organización como un medio para transferir el conocimiento. Éstas se realizan con cierta frecuencia, en mayor frecuencia entre los mandos y jefes de mantenimiento, que permiten conocer las estrategias globales.

El intranet así como el uso del correo electrónico es utilizado en la transferencia del conocimiento por los mandos de mantenimiento. Los técnicos de mantenimiento, dado que normalmente ejecutan trabajos de oficios manuales, normalmente no disponen de un puesto informático individual, utilizando un servicio colectivo donde se introducen los datos de las acciones ejecutadas o partes de trabajo y con acceso a la intranet en conjunto. En muchas ocasiones no existe una clara definición de lo que alberga Intranet y para algunos empleados es más fácil acceder a sus propias fuentes de conocimiento.

Se ha observado que se hace un mayor uso de los mecanismos informales. Los mecanismos informales presenciales, como la comunicación cara a cara y las pláticas de pasillo son normalmente utilizados en mayor medida por los técnicos operativos.

La tecnología puede ampliar el acceso y simplificar el problema de llevar el conocimiento adecuado a la persona adecuada en el momento adecuado, sin embargo, desde los técnicos operativos, indican la importancia de que debe ser de una manera ágil, esquemática y sencilla en su utilización.

Utilización del conocimiento y herramientas para su gestión: La adecuada gestión del conocimiento y la aplicación del conocimiento adquirido en las actividades rutinarias de mantenimiento en la empresa, y su mejora, es asumido por todos los componentes, como un factor importante que puede influir positivamente en diversas acciones que afectan estratégicamente a toda la empresa, tales como:

- ✓ Resolución averías.
- ✓ Conocimiento del entorno.



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

- ✓ Ver oportunidades de nuevas acciones.
- ✓ Planificación del mantenimiento.
- ✓ Marcar prioridades de inversión, fiabilidad y eficiencia energética.
- ✓ Optimizar recursos técnicos.
- ✓ Optimización económica.
- ✓ Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuestas.

Se reconoce, que una mejora en la gestión de la información y conocimiento, redonda positivamente en todas esas acciones, y en especial en la resolución de grandes averías, o fallos no cíclicos espaciados en el tiempo y normalmente no registrada su actuación.

En cuanto a las herramientas que pueden ser utilizadas para la recogida de información estratégica que ayude a mejorar la gestión del conocimiento, normalmente son poco utilizadas en todos los ambientes de mantenimiento. Se reconoce la poca utilización de auditorías en las acciones internas, los mapas de información y conocimiento, realizándose diagramas de criticidad sólo en determinadas instalaciones o equipamiento fundamental para la actividad de la empresa.

Facilitadores y barreras de la generación y la transferencia del conocimiento en las organizaciones de mantenimiento:

Los elementos que facilitan la generación y la transferencia del conocimiento se observan a un nivel organizativo e individual (Chen et al., 2006; Goh, 2002; Ajmal et al., 2008; Geisler, 2007; Wright, 2005).

Una cultura organizativa proactiva flexible unido a un estilo participativo de la dirección, son elementos que permiten desarrollar actividades tanto de la generación como de la transferencia del conocimiento dentro de la organización. A nivel individual la motivación personal y la oportunidad de aprender facilita la generación del conocimiento que al ser compartido con otros miembros de la empresa da lugar al conocimiento organizativo. La evidencia empírica del presente estudio muestra que la cultura organizativa abierta motiva a los técnicos a generar y compartir su conocimiento de una forma más exitosa y al mismo tiempo, apoya la comunicación entre los miembros de la empresa. En los mandos de mantenimiento, una distribución física agrupada de sus puestos de trabajo facilita la transferencia del conocimiento.

Se hace presente, la necesidad de la figura de un “gestor del conocimiento”, como un facilitador importante en la captación de la transferencia y utilización del conocimiento. Esta figura debería ser una persona con formación técnica, organizativa y nociones de gestión del conocimiento, con gran experiencia en el área operativa (que conozca en profundidad de primera mano los factores que influyen en su trabajo), y que aglutine todos los esfuerzos de la organización de mantenimiento para gestionar un conocimiento estratégico que pueda ser utilizado por toda la organización. Su dedicación podría ser parcial o total (según las características de la empresa), compartiéndola con la dedicación en otras facetas del área de mantenimiento, y podría cumplir al mismo tiempo un vínculo de enlace con el resto de la organización (producción, administración, etc.), que ayudaría a la mayor calidad del servicio prestado de mantenimiento. Esto sugiere que el conocimiento que se desea transferir necesita ser una prioridad dentro de la organización donde su transferencia requiere ser planeada como el resto de las actividades estratégicas de la empresa.

La poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes, las barreras culturales con una cultura basada en el “saber propio”, no compartido, sobre todo en los técnicos operativos, así como el conseguir la total implicación del personal, son las barreras localizadas en el presente estudio.

De igual manera se ha identificado el uso masivo de mecanismos informales de transferencia del conocimiento, que hacen que la información se encuentre en “islas” dentro de la propia organización.

Los participantes en el estudio consideran que la posibilidad de aplicar sus conocimientos en las actividades de la organización los motiva en el auto-aprendizaje, aprender nuevas herramientas y crear nuevas formas de hacer las cosas. Cuando esta motivación personal se ve reforzada al saber que sus opiniones y sugerencias para adquirir un conocimiento externo pueden ser tomadas en cuenta, se potencian los procesos de transferencia y utilización del conocimiento.

En la tabla 16 se muestra un resumen de las principales características que se han identificado en el presente estudio en cuanto a las herramientas, barreras y facilitadores e implicaciones en los procesos de gestión del conocimiento.

CATEGORÍA DEL FENÓMENO ESTUDIADO	TÉCNICOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO	MANDOS O JEFES DE MANTENIMIENTO
HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Mapas de información y conocimiento. Sistemas ágiles y sencillos para capturar las experiencias	Auditorías de mantenimiento. Auditorías energéticas. Auditorías del conocimiento. Mapas de información y conocimiento. Diagramas de criticidad.
BARRERAS EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes. Barreras culturales. Cultura basada en el “saber propio”, no compartido. Implicación del personal. Mayor uso de mecanismos informales de transferencia del conocimiento.	Poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes. Barreras culturales. Implicación del personal. Mayor uso de mecanismos informales de transferencia del conocimiento.
FACILITADORES EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Cultura organizativa proactiva abierta y flexible. Estilo participativo de la dirección. Motivación personal del empleado. Oportunidad de aprender. Cultura organizativa del área de mantenimiento. Estilo directivo Medios de Comunicación. Utilización de un gestor del conocimiento propio de la actividad de mantenimiento.	Cultura organizativa proactiva abierta y flexible. Estilo participativo de la dirección. Motivación personal del empleado. Oportunidad de aprender. Cultura organizativa del área de mantenimiento. Espacio físico Estilo directivo Medios de Comunicación. Utilización de un gestor del conocimiento propio de la actividad de mantenimiento.
OBSERVACIONES	Mucha información estratégica, recogida de manera manuscrita disgregada en notas y libretas propias, anotaciones en planos, no compartidas con el resto de la organización, que dificultan la transmisión y utilización del conocimiento al resto de la organización.	Todos consideran que una concienciación y conocimiento de la dirección general es fundamental para conseguir los medios y fomentar la mejora en la gestión del conocimiento y optimización del mantenimiento, con una visión a medio y largo plazo.
IMPLICACIÓN DE UNA ADECUADA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO.	-Captura del conocimiento tácito estratégico de los técnicos operativos de mantenimiento. -Resolución de averías críticas en menor tiempo (en especial las no cíclicas). -Reducción de los tiempos de maniobras operativas. -Facilitar el cambio de área o sustituciones de personal. -Disminución de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal. -Captura de información y transferencia de empresas subcontratistas. -Compartir conocimiento de empleados que puede ser utilizado por otros que puedan detectar nuevas oportunidades de mejora. -Mejora del conocimiento de la fiabilidad del equipo e instalaciones. -Mejora del conocimiento para la detección y mejora de acciones de eficiencia energética. -Optimización del tiempo, que redunde de nuevo en la gestión del conocimiento y la reducción de costes del mantenimiento.	

Tabla 16: Herramientas, barreras y facilitadores en la G.C. en la actividad de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

9. Conclusiones

Este estudio se ha enfocado en las formas en que las organizaciones de mantenimiento de las empresas generan, transfieren y utilizan su conocimiento, y los impactos que pueden producir en toda la organización. Estos procesos se caracterizan en un proceso kantiano (personas, medios físicos y entorno).

Tanto la adquisición de conocimiento externo como la creación interna de conocimiento son actividades importantes para generar un conocimiento que ante acciones críticas (averías, emergencias, etc.) no cíclicas, pueden suponer un valor estratégico importante. Todos ellos son conscientes en que el haber una adecuada gestión del conocimiento, afecta positivamente en las siguientes acciones desempeñadas por mantenimiento:

- Captura del conocimiento tácito estratégico de los técnicos operativos de mantenimiento.
- Resolución de averías críticas en menor tiempo (en especial las no cíclicas).
- Reducción de los tiempos de maniobras operativas.
- Facilitar el cambio de área o sustituciones de personal.
- Disminución de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal.
- Captura de información y transferencia de empresas subcontratistas.
- Compartir conocimiento de empleados que puede ser utilizado por otros que puedan detectar nuevas oportunidades de mejora.
- Mejora del conocimiento de la fiabilidad del equipo e instalaciones.
- Mejora del conocimiento para la detección y mejora de acciones de eficiencia energética.
- Optimización del tiempo, que redunde de nuevo en la gestión del conocimiento y la reducción de costes del mantenimiento.

El autoaprendizaje es clave en este tipo de actividad en un entorno tecnológico y con demanda de actuación rápida y eficiente. La gestión del conocimiento se ve potenciada por un estilo directivo proactivo y participativo que promueve el surgimiento de nueva ideas y procesos de trabajo. Así mismo, esta cultura organizativa debe ser abierta, que permita a la dirección alentar a los empleados a compartir su conocimiento y que facilite la comunicación entre los miembros de la empresa. Estos hallazgos son apoyados por estudios (O'Dell et al., 1998, Ruggles, 1998) donde se observó que las empresas con una cultura abierta que motive a generar y compartir el conocimiento tendrán más éxito en la realización de estos procesos.

Se detecta un mayor uso de las reuniones informales como medio de generación y transferencia del conocimiento, sobre todo, entre los grupos de técnicos operativos, con una menor cultura organizativa que los mandos o jefes de mantenimiento.

Las auditorías (de mantenimiento, de conocimiento, energéticas, etc.), no suelen ser utilizadas, lo que manifiesta que la aplicación de dichas técnicas potenciaría en un primer proceso en la elaboración de una estrategia global de gestión del conocimiento. Para que la organización de mantenimiento realicen con éxito la réplica de su know how, por parte de los técnicos operativos, requieren mecanismos sencillos y ágiles que les permitan compartir con rapidez y eficiencia sus experiencias, que generen conocimiento.

De igual manera se ha detectado que en numerosas ocasiones, la documentación para uso en sus actividades, suele estar disgregada, y muchas veces no actualizada.

Las barreras fundamentales identificadas para la adecuada gestión del conocimiento han sido la poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes, las barreras culturales con una cultura basada en el “saber propio”, no compartido, sobre todo en los técnicos operativos (con un alto componente de conocimiento tácito y por tanto no registrado), así como el conseguir la total implicación del personal, son las barreras localizadas en el presente estudio.

Se confirma la necesidad de la figura de un “gestor del conocimiento”, como un facilitador importante en la captación de la transferencia y utilización del conocimiento. Esta figura debería ser una persona con formación técnica, organizativa y nociones de gestión del conocimiento, con gran experiencia en el área operativa de mantenimiento (que conozca en profundidad de primera mano los factores que influyen en su trabajo), y que aglutine todos los esfuerzos de la organización de mantenimiento para gestionar un conocimiento estratégico que pueda ser utilizado por toda la organización, no siendo un gestor accidental (Dorfman, 2001), sino con una dedicación parcial o total que marque la continuidad del proyecto.

Todo lo anterior sugiere que el conocimiento que se desea transferir necesita ser una prioridad en la actividad del mantenimiento industrial, es decir debe estar incluida y prevista en la planificación estratégica de la empresa.

La principal limitación de la presente investigación es la generalización de los resultados. Los resultados de la presente investigación están limitados a una organización de mantenimiento dentro de una empresa industrial en la comunidad valenciana (España), del sector agro-alimentario. Se puede inferir que las empresas similares cuentan con características afines relacionadas a la gestión del conocimiento. Los resultados puede ser extrapolados a casos similares a los aquí analizados mas no es posible hacerlo a una población en particular, ni a otro tamaño de empresa, ni a otro entorno. Al tratarse de una investigación cualitativa, la generalización de los resultados se basan principalmente en el desarrollo de una teoría que pueda ser extendida a otros casos y no en cómo estos resultados pueden ser extrapolados a una población (Maxwell, 1996).

El resultado podría ser extensible tanto a nivel nacional como internacional, dado que alguna de las empresas analizadas tiene presencia nacional como internacional.

Sería también conveniente continuar con la línea de investigación, realizando un análisis más profundo, teniendo en cuenta la relación de la gestión del conocimiento, en especial con las misiones tácticas fundamentales del mantenimiento, y el análisis cuantitativo que permitiera validar los estudios cualitativos observados.

10. Referencias

- Ajmal MM, Koskinen KU. (2008). Knowledge transfer in project-based organizations: an organizational culture perspective. *Project Management Journal* 39(1): 7–15.
- Baez, J. (2007). *Investigación cualitativa*. Esic Editorial, Madrid.
- Bahoque, E.; Gómez, O; Pietrosemoli, L. (2007). Gestión del Conocimiento en la Industria de la Construcción: Estudio de un caso. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*. Año 12. N° 39, 2007, 393 – 409 .Universidad del Zulia (LUZ) .ISSN 1315-9984.
- Barragán, A. (2009). Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 2009 – 5(1):65-101 – ISSN: 1697-9818 doi: 10.3926/ic.2009.v5n1.p65-101.
- Beamish, N.G. y Armmistead, C.G. (2001): “Selected debate from the arena of knowledge management: New endorsements for established organizational practices”. *International Journal of Management Review*, vol. 3, n° 2, pp. 101-111.
- Beijerse, R.P. (1999): “Questions in knowledge management: Defining and conceptualising a phenomenon”. *Journal of Knowledge Management*, vol. 3, n° 2, pp. 94-109.
- Binney, D. (2001). ‘El espectro de la gestión del conocimiento: El entendimiento del panorama de la GC. *Diario de la Gestión del conocimiento*, vol. 5,



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

no. 1, p. 33-42.

Bueno, E. (2003) Enfoques principales y tendencias en Dirección del conocimiento. Knowledge Management.

Bueno, E. (2000): "La dirección del conocimiento en el proceso estratégico de la empresa: información, complejidad e imaginación en la espiral del conocimiento", . Euroforum Escorial, pp. 55-66.

Bueno, E. (2002a). Enfoques principales en Dirección del Conocimiento (Knowledge Management) y tendencias. En R.Hernández (ed): "Gestión del Conocimiento: Desarrollos teóricos y aplicaciones". Cáceres: Ediciones La Coria, Fundación Xavier de Salas.

Bueno, E. (2002b): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en La Sociedad del Conocimiento, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.

Bueno, E. (1999): Gestión del conocimiento y capital intelectual' Experiencias en España, Comunidad de Madrid-II.I Euroforum Escorial Madrid.

Bukowitz, W.R. y Williams, R.L. (1999): The knowledge management fieldbook. Financial Times / Prentice Hall, London.

Cegarra, J, Moya, B. (2003).Orientadores del capital relacional. Cuad. Adm. Bogotá (Colombia), 16 (26): 79-97, julio-diciembre de 2003.

Chen MY, Chen AP. (2006). Knowledge management performance evaluation: a decade review from 1995 to 2004. Journal of Information Science 32(1): 17-38.

Cheong KFR, Tsui E. (2010a). The roles and values of personal knowledge management: an exploratory study. VINE: The journal of information and knowledge management systems 40(2): 204-227.

Cheong KFR, Tsui E. (2010b). Exploring the synergy between business process management and personal knowledge management. Cutter IT Journal 23(5): 28-33.

Chua AYK, Goh DH. (2008). Untying the knot of knowledge management measurement: a study of six public service agencies in Singapore. Journal of Information Science 34(3): 259-274.

Colino, J; Martínez, J; Martínez-Carrasco, F. (2010). La gestión de la innovación en la industria. El caso de la región de Murcia.. Economía Industrial. N.º 377 • 2010. pp 150-158.

Colino, J; Riquelme, P. (2000). Estructura industrial y desarrollo tecnológico en la región de Murcia. Economía Industrial. N.º 335/336 • 2000. pp 171-183.

D'Alòs-Moner, A. (2003). El profesional de la información, v. 12, n. 4, julio-agosto.

Dataware Technologies (1998), Seven Steps to Implementing Knowledge Management in Your Organization. Manual de trabajo.

Davenport H. (1997). Ten principles of knowledge management and four case studies. Knowledge and Process Management 4(3): 187-208.

Debenham, J. y Clark, G., (1994). The Knowledge Audit. Robotics and Computers Integrated Manufacturing Journal, 11, No.3.

Del Moral, A.. (2007). Gestión del Conocimiento. Thompson Editores. España.

Ditzel, B. (2005). Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento para un departamento universitario. Tesis en opción al título del Doctor en Ciencias. Campus Tecnológico de la Universidad de Navarra. Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián.

Dorfman P. (2001). The accidental knowledge manager. Knowledge Management 4(2): 36-41.

Douglas, D. (2004): "Grounded theory and the 'And' in entrepreneurship research ". Electronic Journal of Business Research Methods, Vol. 2, nº. 2.

Edvinsson L. ; Malone M.S. (1997). "Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding its Hidden Brainpower", Harper Business, New York.

Eich, D. (2008): "A Grounded Theory of High-Quality Leadership Programs: Perspectives From Student Leadership Development Programs in Higher Education". Journal of Leadership and Organizational Studies, Vol. 15, nº. 2, págs. 176-187.

Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case studies research. Academy of Management Review, 14(4), 532-550.

Fahey, L. ; Prusak, L. (1998): "The eleven deadliest sins of knowledge management". California Management Review, vol. 40, nº 3, pp. 265-275.

Ferrada, X. - Serpell, A. (2009). La Gestión del Conocimiento y la Industria de la Construcción. Revista de la Construcción. Volumen 8 No 1 – 2009. PP 46-58.

Geisler E. (2007). A typology of knowledge management: strategic groups and role behavior in organizations. Journal of Knowledge Management 11(1): 84-96.

Gil, M; Pérez, A; López, G; (2008). La auditoría del conocimiento como etapa previa a la gestión del conocimiento en una institución educativa Mexicana. VI congreso internacional de análisis organizacional. Nuevo Vallarta, México, Noviembre de 2008.

Gil, M; Pérez, A; López, G; (2008). La auditoría del conocimiento como etapa previa a la gestión del conocimiento en una institución educativa Mexicana. Revista Ciencia Administrativa. 2008-2. Pp17-27.

Goh CHT, Hooper V. (2009). Knowledge and information sharing in a closed information environment. Journal of Knowledge Management.

Goh SC. (2002). Managing effective knowledge transfer: an integrative framework and some practice implications. Journal of Knowledge Management 6(1): 23-30.



- Gray PH, Meister DB. (2006). Knowledge sourcing methods. *Information Management* 43(2): 142–156.
- Grover, V. ; Davenport, T.H. (2001): “General Perspectives on Knowledge Management: Fostering a Research Agenda”, *Journal of Management Information Systems*, vol. 18, nº1.
- Hansen, B; Kautz, K. (2004). Knowledge zapping: a technique for identifying knowledge flows in software organisations. *EuroSPI*. 2004. pp. 126-137.
- Hansen. M.T.; Nohria, N.; Tierney, T. (1999): What’s your strategy for managing knowledge?. *Harvard Business Review*, March-April, 106-116.
- Hardy, M.; Bryman, A. (2004): *Handbook of data analysis* Sage Publications, London.
- Hedlund, O. (1994): "A model of knowledge management and the N-form corporation", *Strategic Management Journal*, Vol. 15, pp. 73-90.
- Henric-coll, M. (2009); *Las falacias del tecnomanagement*. Ed. Fractalteams.
- Holsapple C, Jones K. (2004). Exploring primary activities in the knowledge chain. *Knowledge and Process Management* 11(3): 155–174.
- Hooff B, Huysman M. (2009). Managing knowledge sharing: emergent and engineering approaches. *Information Management* 46(1): 1–8.
- Kim H, Breslin JG, Decker S. (2009). Personal knowledge management for knowledge workers using social semantic technologies. *International Journal Intelligent Information and Database Systems* 3(1): 28–43.
- Kogut, B. , Zander, U. (1992): “Knowledge of the firm, combinative capacities, and the replication of technology”. *Organization Science*, vol. 7, nº 3, pp. 502-517.
- Kulkarni U, Ravidran S, Freeze R. (2007). A knowledge management success model: theoretical development and empirical validation. *Journal of Management Information Systems* 23(3): 309–347.
- Lambert, R. (1960). *Coopération y compétition dans les petits groupes*. *Revue française de sociologie*. pp 61-72.
- Liebowitz, Jay et al., 2000. *The Knowledge Audit*, *Knowledge and Process Management*, 7(1): 3-10.
- Lin HF. (2007). A stage model of knowledge management: an empirical investigation of process and effectiveness. *Journal of Information Science* 33(6): 643–659.
- Martin J. (2008). Personal knowledge management: the basis of corporate and institutional knowledge management. In *Managing Knowledge: Case Studies in Innovation*, Martin J and Wright K (eds). Spotted Cow: Alberta.
- Martinez, I; Ruiz, J; (2002). Los procesos de creación del conocimiento: El aprendizaje y la espiral de creación del conocimiento. XVI Congreso Nacional de AEDEM. Alicante 2002.
- Maxwell, J. A. (1996). *Qualitative Research Design. An Interactive Approach*. California: Sage Publications.
- Miles, M, Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysis: A sourcebook of new methods*. California: Sage Publications.
- Muñoz, J. (1999). Sobre gestión del conocimiento, un intangible clave en la globalización. *Economía Industrial*. N.º 330 • 1999 / VI.
- Nonaka, I. (1991): “The knowledge-creating company”, *Harvard Business Review*, November-December, pp. 96-104.
- Nonaka, I. ; Takeuchi, H. (1995): *The knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, New York.
- Nonaka, I., Konno, N. (1998): “The concept of “Ba”: building a foundation for knowledge creation”, *California Management Review*, vol. 40, nº 3, Spring, pp. 40-54.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford. México.
- Nonaka, I. (1994): "A dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organizational Science*, Vol.5 (1), pp. 14-37.
- Norton D. ; Kaplan R. (1996). “The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action”, *Harvard Business School Press*, Boston.
- OCDE (1996): *The Knowledge-Based Economy*, Mimeo, Paris, OCDE, Mimeo, págs. 1-46.
- OCDE, (2004), *Medición de la gestión de conocimientos en las empresas: primeros resultados*. Ed. OCDE.
- O’Dell, C., Grayson, C.J. (1998). If only we knew what we know: Identification and transfer of internal best practices. *California Management Review*, 40(3), 154-170.
- Ordoñez de Pablos, P. (1999): *Gestión del conocimiento y medición del capital Jiztelectual en la empresa internacional*. Proyecto de Doctorado, Universidad de Oviedo.
- Ordoñez de Pablos, P., Parreños, J. (2003): *Aprendizaje organizativo en el contexto internacional: Implicaciones para la gestión del conocimiento*. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 9, N° 2, 2003, pp. 205-216.
- Ordoñez de Pablos, P., Parreños, J. (2005): *Aprendizaje organizativo y gestión del conocimiento: Un análisis dinámico del conocimiento en la empresa*. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol.11, Nº1, 2005, pp.165-177.
- Ordoñez de Pablos, P. (2001): *Capital intelectual, gestión del conocimiento y sistemas de gestión de recursos humanos: Influencia sobre los resultados organizativos*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo.
- Pace, S. (2004): "A grounded theory of the flow experiences of Web users". *International Journal of*



Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Human-Computer Studies, Vol. 60, n° 3, págs. 327-363.

Palacios,D; Garrigos,F. (2006): Propuesta de una escala de medida en la gestión del conocimiento en las industrias de biotecnología y telecomunicaciones. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa, Vol. 12 N°1, 2006, pp.207-224.

Paniagua, Enrique et al., (2007). La Gestión tecnológica del conocimiento. Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones 2007.

Partington, D. (2000): "Building grounded theories of management action". British Journal of Management, Vol. 11, págs. 91-102.

Pauleen D. (2009). Personal knowledge management: putting the "person" back into the knowledge equation. Online Information Review 33(2): 221-224.

Pavez , A.s: (2000). "Modelo de implantación de Gestión del Conocimiento y Tecnologías de Información para la Generación de Ventajas Competitivas". Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

Peña Vendrell, Pablo. (2001). To know or no to be. Conocimiento, el oro gris de las organizaciones. DINTEL, Madrid.

Perez de Miguel,A. (2006). Hacia el Índice de Conocimiento Roto: Introducción a los coeficientes de rotura de conocimiento. Documentos de trabajo "Nuevas tendencias en dirección de empresas". DT 06/06.

Perez de Miguel,A. (2006). Hacia el Índice de Conocimiento Roto: Introducción a los coeficientes de rotura de conocimiento. Documentos de trabajo "Nuevas tendencias en dirección de empresas". DT 06/06.

Perez, A. (2007). Modelo para la Auditoría del Conocimiento Considerando los Procesos Clave de la Organización y Utilizando Tecnologías Basadas en Conocimientos. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.

Petrides, L. A.; Nodine, T. R. (2003) Knowledge Management in Education: Defining the Landscape. Half Moon Bay, California, March Institute for the Study of Knowledge Management in Education.

Pitkethly, R.H. (2001): "Intellectual property strategy in Japanese and UK companies: Patent licensing decisions and learning opportunities". Research Policy, vol. 30, n° 3, pp. 425-442.

Polanyi, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. University of Chicago Press.

Polanyi, M. (1966): *The tacit dimension*, Routledge & Kegan Paul, London.

Quintana Fundora, Y (2006). Gestión por el conocimiento en la carrera de Ingeniería Industrial. Administración de operaciones. Tesis en opción al título de Master en Ciencias. Facultad de Industrial Economía. Universidad de Matanzas. Cuba.

Rivas, L; Flores, B. (2007). La gestión de conocimiento en la industria automovilística. Estudios Gerenciales, enero-marzo, año 2007/vol. 23, número 102. Universidad ICESI. Cali, Colombia. pp. 83-100.

Rodríguez, G.; Gil F.,J.; García J.,E. (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa. Málaga: Ediciones Aljibe.

Rodríguez,D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: una aproximación teórica. Revista Educar 37, 2006 pp.25-39.

Rojas, C. M., Montilva, C. J., Barrios, A. J.. (2009). Revista Colombiana de Tecnologías Avanzadas. Vol. 1 Num. 13. Pp. 72-80.

Ruggles, R. (1998). The state of the notion: Knowledge management in practice. California Management Review, 40(3), 80-89.

Sánchez,M; Chaminade, C;Escobar, C.;(1999). En busca de una teoría sobre medición y gestión de los intangibles en la empresa: Una aproximación metodológica. *Ekonomiaz*, n° 45, 1999, pp. 188-213.

Seemann, P. y Cohen, D. (1997): "The Geography of Knowledge: From Knowledge Maps to the Knowledge Atlas", *Knowledge and Process Management*, vol. 4, n°4.

Sher JP, Lee CV. (2004). Information technology as a facilitator for enhancing dynamic capabilities through knowledge management. *Information Management* 41(8): 933-945.

Sols, A; (2000) "Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico", Comillas, Madrid.

Tari, J; Garcia, M. (2009): Dimensiones de la gestión del conocimiento y la gestión de la calidad: Una revisión de la literatura. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, Vol. 15, N° 3, 2009, pp. 135-148.

Tissen, R.; Andriessen, D.; Deprez, F.L. (1998): *Value-based knowledge management*. Addison - Wesley, Longman.

Tiemessen,L.; Lane, H.W.; Crossan,M. M. ,Yinkpen,A. C. (1997): "Knowledge management in international joint ventures", en BEAMISH,P. W. y KILLING, J. P.: cooperative strategies. North American perspectives. The Cooperative Strategies Series. The New Lexington Press.

Tirpak TM. 2005. Five steps to effective knowledge management. *Research Technology Management* 48(3): 15-16.

Vail, E. F. (1999): "Mapping Organizational Knowledge: Bridging the business-IT communication gap", *Knowledge Management Review*, vol. 2, n°8.

Vedral, V. (2010). *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information*. Oxford university press.

Ventura, J; Ordóñez de Pablos, P. (2007). Analisis de estrategias de conocimiento en la industria manufacturera española: Evidencia empíricas. *Tribuna de Economía*..Mayo-Junio 2007. N.º 836 ICE. Pp 141-161.



- Ventura, J. (1996): Análisis dinámico de la estrategia empresarial: Un ensayo interdisciplinar. Servicio de publicaciones. Universidad de Oviedo.
- Volkel M, Abecker A. (2008). Cost-benefit analysis for the design of personal knowledge management systems. In ICEIS 2008—International Conference on Enterprise Information Systems; 95–105.
- Volkel M, Haller H. (2009). Conceptual data structures for personal knowledge management. Online Information. Review 33(2): 298–315.
- Wah, L., 1999. “Behind the Buzz”, en: Management Review, v. 88, n. 4, p. 16-19.
- Wernerfelt, B. (1984): "A resource based view of the firm", Strategic Management Journal, Vol.5, pp. 171-180.
- Wiig, K.M., (1997) "Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management, Long Range Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.
- Wong KY, Aspinwall E. (2004). Knowledge management implementation frameworks: a review. Knowledge and Process Management 11(2): 93–104.
- Wright K. (2005). Personal knowledge management: supporting individual knowledge worker performance. Knowledge Management Research and Practice 3(3): 156–165.
- Xiomara, P. (2009). La gestión del conocimiento y las Tics en el siglo XXI. CONHISREMI, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico, Vol. 5, No. 1.
- Yang, J (2006). La estrategia de gestión del conocimiento y su efecto en el crecimiento corporativo. Economía Industrial N.º 362 • 2006. pp 123-133.
- Yin, R. K. (1995). Case study research: design and methods. California: Sage Publications.
- Zapata, L., (2001). La Gestión del Conocimiento en Pequeñas Empresas de Tecnología de la Información: Una Investigación Exploratoria. Document de treball núm. 2001/8. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales.

Capítulo I

Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y CONOCIMIENTO

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II: ESTADO DEL MANTENIMIENTO Y G. CONOCIMIENTO
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III:
EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Capítulo III. Los modelos de Mantenimiento industrial y sus aspectos estratégicos en relación al conocimiento y la experiencia



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo VI	Capítulo IV
Capítulo V	Capítulo V
Capítulo IV	Capítulo VI
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS	Capítulo VII
Capítulo II	
Capítulo I	

Introducción al Capítulo III.

Objetivo del Capítulo III.

Se analizan las características fundamentales de la función de mantenimiento, describiendo sus funcionalidades y acciones tácticas principales, revisando las técnicas organizativas normalmente utilizadas en el mantenimiento industrial y marcando las formas y carencias de transmisión de conocimiento de cada una de ellas.

Artículos relacionados con el Capítulo III.

Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado “*Los modelos de mantenimiento industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento: Un análisis teórico*”, se realiza una revisión de los aspectos del mantenimiento industrial, para lo que, después de un breve descripción y análisis de los tipos y estrategias fundamentales utilizadas, se fijarán los elementos básicos que definen su naturaleza. De ahí, se extraerán algunas conjeturas sobre las carencias observables, dentro del mantenimiento industrial, en relación con el conocimiento y su transmisión. Se analizará, consiguientemente, el papel que ese conocimiento lleva a cabo en los sistemas de mantenimiento, que es tanto como preguntarse por los objetivos básicos, estructura y estrategias de mantenimiento y la función que en esos sistemas desempeñan, actualmente, los procesos relativos al conocimiento. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Mantenimiento, Ingeniería industrial y de edificios”.

El segundo artículo preparado en este capítulo III se titula “*Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos al conocimiento*”. En este artículo se pretende analizar los procesos ligados al conocimiento y, en concreto, los referidos a la experiencia, que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, en lo referente a la fiabilidad y disponibilidad, elementos que configuran la naturaleza del mantenimiento industrial, a partir de una conceptualización operativa generalmente aceptada. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “Journal of Quality in Maintenance Engineering”.



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo VI	Capítulo IV
Capítulo V	Capítulo V
Capítulo IV	Capítulo VI
Capítulo III	Capítulo VII



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

3.1. Los modelos de mantenimiento industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento: Un análisis teórico.



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo VI	Capítulo IV
Capítulo V	Capítulo V
Capítulo IV	Capítulo VI
Capítulo III	Capítulo VII

Los modelos de mantenimiento industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento: Un análisis teórico.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de
Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail:
fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: En la empresa industria, el mantenimiento tiene confiado un aspecto estratégico fundamental dado que afecta directamente a la fiabilidad de los procesos de producción o servicios prestados, la eficiencia energética o aumento de la vida operativa del inmovilizado o maquinaria, aspectos que sin duda afectan en la productividad y resultados económicos de la empresa. Así mismo, la gestión del conocimiento, que en otras áreas de la empresa (clientes, administración, desarrollo, investigación, etc.) se tiende a implementar, suele estar olvidado en las áreas de de mantenimiento, debido a su fuerte componente tácito y estar basado normalmente en oficios basados en un fuerte componente de experiencia (oficios mecánicos, eléctricos, etc.). En este artículo, se pretende analizar las principales técnicas organizativas de mantenimiento y marcar sus relaciones fundamentales de cada una de ellas en la gestión del conocimiento, con el fin de detectar su implicación, detectando sus virtudes o carencias.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Eficiencia energética, Gestión del conocimiento.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

El mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas, ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o considerado como un “coste económico” a asumir por los órganos de dirección (González, 2005, Tavares, 2004). La literatura actual sobre mantenimiento industrial propone multitud de modelos y sistemas para su mejora (Chien, et al., 2010; Cadini et al., 2009; Jin et al., 2009; Alardhi et al., 2007; Chen, 2006; Eti et al., 2005; Al-Najjar et al., 2003; Barata et al., 2002).

El conocimiento es la capacidad de actuar, procesar e interpretar información para generar más conocimiento o dar solución a un determinado problema. En los últimos años se ha producido un cambio trascendental, en que el crecimiento de las economías y las empresas se ve impulsado por el conocimiento y las ideas, más, que por los recursos tradicionales (Del Moral, 2007). Estamos moviéndonos hacia una sociedad impulsada por el conocimiento, donde los activos tangibles tradicionales están perdiendo valor a favor de los intangibles (Sánchez et al., 1999; Peña, 2001).). Es por ello que se puede considerar el conocimiento como el principal ingrediente intangible tanto en las empresas como en la economía en su conjunto (OCDE, 1996, 2004). Lo importante del conocimiento en las organizaciones de mantenimiento depende de lo que se pueda hacer con él dentro de su ámbito de actuación. Es decir, el conocimiento por sí mismo no es relevante, en tanto no pueda ser utilizado para dar origen a acciones de creación de valor (Xiomara, 2009).

Dentro del contexto táctico de mantenimiento, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso a tener en cuenta dentro de dicha actividad, un enfoque de este proceso podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1999; Wiig, 1997; Bueno 2002).

- *Generación del conocimiento:* estudia los procesos de adquisición de conocimiento externo y de creación del mismo en la propia organización, poniendo en acción los conocimientos poseídos por las personas.
- *Codificación, almacenamiento o integración del conocimiento:* poner al alcance de todos el conocimiento organizativo, ya sea de forma escrita o localizando a la persona que lo concentra.
- *Transferencia del conocimiento:* analiza los espacios de intercambio del conocimiento y los procesos técnicos o plataformas que lo hacen posible. Esta fase puede realizarse a través de mecanismos formales y/o informales de comunicación.
- *Utilización del conocimiento:* la aplicación del conocimiento recientemente adquirido en las actividades rutinarias de la empresa.

Sin embargo, en numerosas ocasiones, el vacío de conocimiento que suele existir en la función de mantenimiento se debe principalmente a las siguientes causas:

- No existe una fuerte cultura de escribir y conservar el conocimiento.
- No se ha apreciado que una avería puede ser una fuente de conocimiento y que se debe capitalizar esta experiencia mediante el registro de causas, fenómenos y acciones tomadas, y normalmente, debido a la propia inercia del trabajo realizadas de manera impulsiva y bajo fuerte estrés y en numerosas ocasiones ante acciones críticas bajo la técnica de “zafarrancho de combate”.
- No se emplea normalmente la información para obtener conocimiento. Las estadísticas no son entendidas como herramientas de diagnóstico. Prevalece la experiencia, la habilidad técnica, y por tanto un fuerte conocimiento tácito.
- La dirección de la empresa no le da la importancia y no estimula el trabajo con datos.



- Las técnicas de fiabilidad y mantenibilidad pueden tener algún grado de dificultad para el profesional de mantenimiento con poca práctica en estadística industrial, y que normalmente desempeña trabajos manuales.

En este artículo se pretende analizar los procesos ligados al conocimiento que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, a partir de una conceptualización operativa generalmente aceptada de los diferentes tipos y estrategias fundamentales normalmente usadas.

Se comenzará con la revisión de los aspectos del mantenimiento industrial, para lo que, después de un breve descripción y análisis de los tipos y estrategias fundamentales utilizadas, se fijarán los elementos básicos que definen su naturaleza. De ahí, se extraerán algunas conjeturas sobre las carencias observables, dentro del mantenimiento industrial, en relación con el conocimiento y su transmisión. Se analizará, consiguientemente, el papel que ese conocimiento lleva a cabo en los sistemas de mantenimiento, que es tanto como preguntarse por los objetivos básicos, estructura y estrategias de mantenimiento y la función que en esos sistemas desempeñan, actualmente, los procesos relativos al conocimiento.

2. Los tipos y estrategias organizativas de gestión del mantenimiento.

Existe literatura abundante, sobre las diversas técnicas organizativas de mantenimiento (Sharma et al., 2011; Garg et al., 2006), como el basado en la fiabilidad (RCM) (Rausand, 1998; Kumar, 1990; Moubray, 1991; Smith, 1992; Geraghty, 1996), el mantenimiento productivo total (TPM) (Nakajima, 1988, 1989; Lazim, 2008; Ahuja, 2008a, 2008b; Chan, 2005), el mantenimiento efectivo (Conde, 1999; Cárcel, 2010), proactivo (Inacio da Silva et al., 2008; Oiltech, 1995; Pirret, 1999), reactivo (Idhammar, 1997; Mora, 1999), de clase mundial WCM (Hiatt, 1999), mantenimiento centrado en el riesgo (Arunraj et al., 2010; Modarres, 2006; Tavares, 1999), así como otros muchos modelos teóricos. Hay que tener en cuenta, el nivel estratégico de dicha actividad, con gran dependencia sobre las áreas de producción o servicios (Rodríguez, 2001, 2003).

Hay que tener en cuenta los principales factores que determinan la confiabilidad operacional (de índole humano y técnico) de la actividad de mantenimiento (Altman, 2006; Armendola, 2002, 2004; Tavares, 2004):

- ♦ Confiabilidad Humana: Se requiere de un alto Compromiso de la Gerencia para liderar los procesos de capacitación, motivación e incentivación de los equipos de trabajo, generación de nuevas actitudes, seguridad, desarrollo y reconocimiento, para lograr un alto involucramiento de los talentos humanos.
- ♦ Confiabilidad de los Procesos: Implica la operación de equipos entre parámetros, o por debajo de la capacidad de diseño, es decir sin generar sobrecarga a los equipos, y el correcto entendimiento de los procesos y procedimientos.
- ♦ Mantenibilidad de equipos: es decir la probabilidad de que un equipo pueda ser restaurado a su estado operacional en un período de tiempo determinado. Depende de la fase de diseño de los equipos (Confiabilidad inherente de diseño), de la confiabilidad de los equipos de trabajo. Se puede medir a través del indicador TMR: Tiempo Medio Para Reparar.
- ♦ Confiabilidad de equipos: Determinada por las Estrategias de Mantenimiento, la efectividad del Mantenimiento. Se puede medir a través del indicador TMEF: Tiempo Medio Entre Fallas.

Todos estos factores, debidamente analizados y marcada su posición estratégica, toman posiciones de gran relevancia (Kim, 2004; Sachdeva et al., 2008; Swanson, 2003; García, 2003; AFIM, 2007), que inciden de manera sustancial, en todas las decisiones de la empresa y su adecuada eficiencia en la producción o explotación y por ello en su visión económica.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Es por ello que una definición normalmente aceptada de Mantenimiento es la de asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas, asegurando la competitividad de la empresa por medio de los siguientes objetivos:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función o servicio deseado.
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y maximizar el beneficio global.
- Confiabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.
- Mantenibilidad, entendiéndose como tal, el poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- Soportabilidad en poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

Una visión general de los tipos se pueden observar en la figura 1 (UNE-EN13306, 2010), de la cual se basan las diferentes estrategias fundamentales del mantenimiento, según la política seguida y el grado de implicación de la dirección.

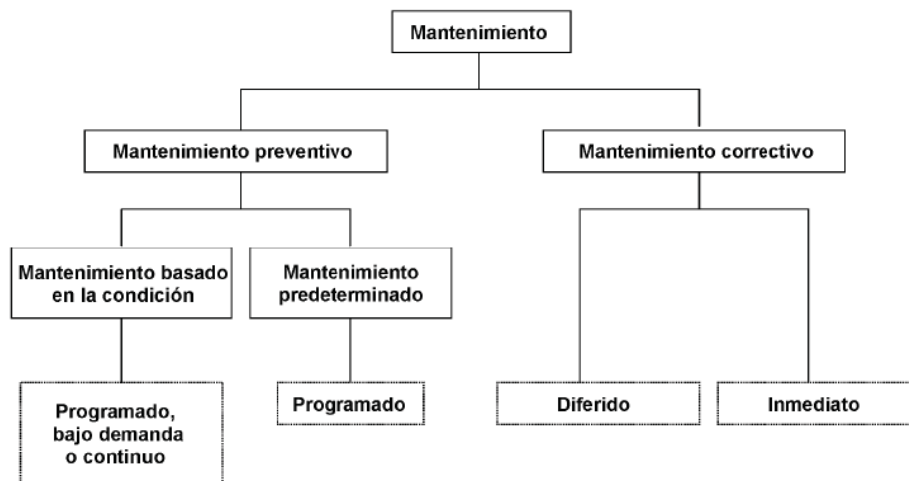


Figura 1. Visión general del mantenimiento. Fuente: UNE-EN13306, 2010.

Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar después de que ocurre un fallo o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema.

En este caso si no se produce ningún fallo, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para en ese momento tomar medidas de corrección de errores.

Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias (Cuesta, 2010):

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

El modelo correctivo se justifica cuando los costes indirectos del fallo son mínimos, cuando las máquinas no son críticas para la producción ante paros eventuales y cuando la política de la empresa es una renovación frecuente del equipamiento (Macián et al., 2007)

-Ventajas

- No se requiere una gran infraestructura técnica ni elevada capacidad de análisis.
- Máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos.

-Inconvenientes

- Las averías se presentan de forma imprevista lo que origina trastornos a la producción.
- Riesgo de fallos de elementos difíciles de adquirir, lo que implica la necesidad de un “stock” de repuestos importante.
- Baja calidad del mantenimiento como consecuencia del poco tiempo disponible para reparar.

-Aplicaciones

- Cuando el coste total de las paradas ocasionadas sea menor que el coste total de las acciones preventivas.
- Esto sólo se da en sistemas secundarios cuya avería no afectan de forma importante a la producción.
- Estadísticamente resulta ser el aplicado en mayor proporción en la mayoría de las industrias.

Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado o sistemático”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema (Nahas et al., 2008; Crespo et al., 2006). Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características (Cuesta, 2010):

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

-Ventajas

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Solo es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

-Inconvenientes

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo.
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.

-Aplicaciones

- Equipos de naturaleza mecánica o electromecánica sometidos a desgaste seguro
- Equipos cuya relación fallo-duración de vida es bien conocida.

Mantenimiento Predictivo

También llamado mantenimiento condicional, y según la norma UNE-EN13306, se podría introducir dentro de la definición de la acción preventiva, y basado en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto, se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar (Veldman et al., 2011; Carnero, 2008, 2006, 2004). La información más importante que arroja este tipo de seguimiento de los equipos es la tendencia de los valores, ya que es la que permitirá calcular o prever, con cierto margen de error, cuando un equipo fallará; por ese motivo se denominan técnicas predictivas. En el gráfico 1 se indica, por ejemplo, la gráfica de un valor de vibración correspondiente a un cojinete, y que presenta un tendencia alcista en la cual se puede detectar el fallo (García, 2009b), indicando la previsión de que cuando se alcanza un determinado valor es conveniente reemplazar el cojinete. Si no se realiza, el cojinete terminará fallando.

Por ello el mantenimiento predictivo, consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica, eléctrica, etc.) real de la máquina o instalación examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, haciendo uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

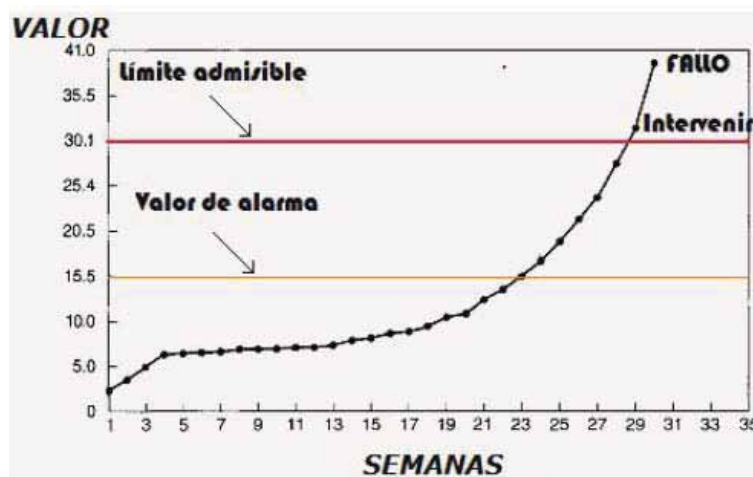


Gráfico 1. Gráfica de tendencia de un valor de amplitud de vibración de un cojinete. Fuente: García, 2009b.

Con la aplicación de técnicas predictivas, se consigue disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento o por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal cualificado. Algunas de las técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo podrían ser(Cuesta, 2010):

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

-Ventajas

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

-Inconvenientes

- Requiere personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.
- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) en 1971, como un sistema destinado a lograr la eliminación de las llamadas seis grandes pérdidas del proceso productivo, y con el objetivo de facilitar la implantación de la forma de trabajo “Just in Time” o “justo a tiempo”. TPM es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas. Es un sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que permite tener equipos de producción siempre listos, aunando la participación de todo el personal que compone la empresa, y centrándose fundamentalmente en el mantenimiento autónomo en el último escalón del mantenimiento (personal que utiliza la maquinaria). Permiten obtener una mejora constante en la productividad y calidad de sus productos o servicios enfocándose en la prevención de defectos, errores y fallas de sus recursos humanos, físicos y técnicos (García, 2009a).

Como lo menciona Nakajima (Nakajima, 1988, 1989) en su libro TPM Mantenimiento Productivo Total, su objetivo es lograr la eficiencia del Mantenimiento Productivo a través de un sistema comprensivo basado en el respeto a los individuos y en la participación total de los empleados.

El concepto de TPM fue definido incluyendo las siguientes metas o filosofías de trabajo:

1. Maximizar la eficacia del equipo.
2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo.
3. Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen el equipo en la implementación del TPM.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Involucrar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operadores de la planta.
- Promover el TPM a través de motivación, con actividades autónomas de pequeños grupos.

Dado que el entorno económico que rodea a las empresas se hace cada vez más difícil y por tanto, es necesaria la total eliminación de las pérdidas para su supervivencia, con el TPM de Amplia Cobertura, se plantea la erradicación de todas las pérdidas de la empresa (no se restringe a los equipos) y este punto incluye la identificación consciente de las pérdidas de conocimiento. De ahí que la aplicación del TPM lleva implícito la gestión y generación de conocimiento y, a fin de cuentas, fuerza a que la empresa se convierta en una organización que aprende (Sexto, 2004), identificando las causas de las interrupciones y promoviendo el mantenimiento autónomo (figura 2).

El TPM tiene como pilares básicos: el mantenimiento planeado, la ingeniería de mantenimiento, los grupos que procuran elevar los indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, y la mejora técnica continua (Rey, 1996).

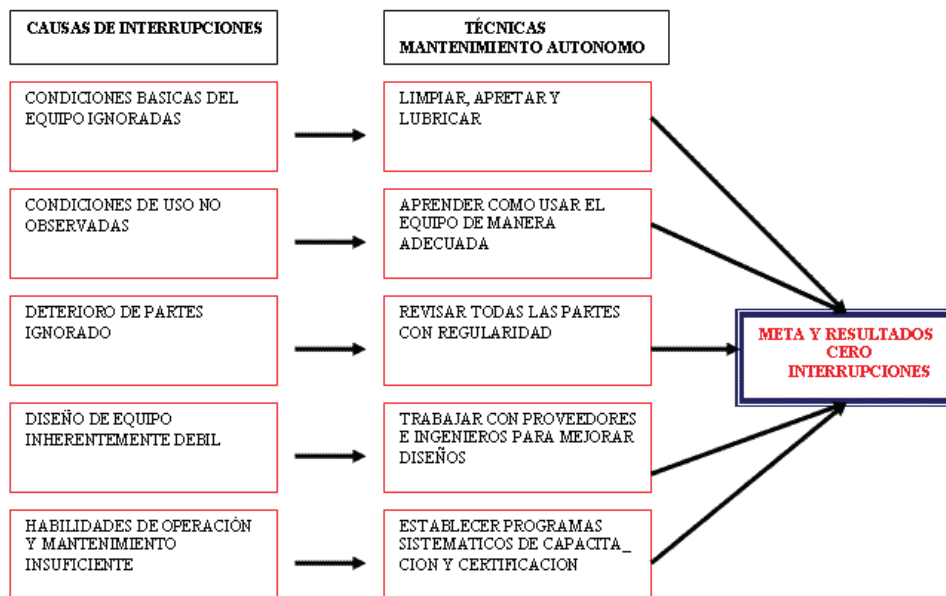


Figura 2. Identificación de averías y técnicas de mantenimiento autónomo. Fuente: google-ímagenes.

Este modelo cuenta con ocho pilares para desarrollar el programa (ver figura 3), los cuales sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado.



Figura 3. Pilares básicos del TPM. Fuente: Elaboración propia.

1. Mejora Focalizada: Eliminar las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo, tales como las fallas en los equipos principales y auxiliares, cambios y ajustes no programados, ocio y paradas menores, reducción de velocidad, defectos en el proceso.
2. Mantenimiento Autónomo: Involucrar al operador respecto de las condiciones de operación, y se basa en el conocimiento que éste posee del equipamiento para detectar a tiempo fallas potenciales o realizar inspecciones preventivas y trabajos de mantenimiento.
3. Mantenimiento Planeado: Lograr que el equipamiento y el proceso se encuentren en las mejores condiciones, para lo que es necesario eliminar las fallas a través de acciones de mejora, prevención y predicción
4. Capacitación: Aumentar las habilidades del personal para interpretar y actuar de acuerdo a condiciones establecidas, siendo entonces necesario definir quién hace qué y de la mejor forma posible.
5. Control Inicial: Actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta en servicio de los equipos, con el objeto de reducir los futuros costos de mantenimiento.
6. Mantenimiento para la Calidad: Acciones preventivas para evitar la variabilidad del proceso, mediante el control tanto de los componentes, como de los equipos, evitando así el cambio de las características del producto final y, por consiguiente, cuidando así su calidad, ofreciendo un producto cero defectos como consecuencia de un proceso cero defectos.
7. Departamento de Apoyo: Aumentar la eficiencia, con la participación de planificación, desarrollo, administración y ventas, ofreciendo el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad.
8. Seguridad, Higiene y Medioambiente: Está comprobado que el número de accidentes crece en proporción al número de pequeñas paradas. También está el hecho de asumir la responsabilidad de que al identificar los riesgos se mejora la salud y seguridad.

El TPM, como estrategia marca grandes bondades para la realización de los procesos de gestión del conocimiento, aunque hay que tener en cuenta los recursos necesarios para su puesta en marcha y mantenimiento en un largo plazo, y muy pocas veces asumido por las pequeñas empresas.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM).

El Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (Reliability Centered Maintenance RCM) es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial, muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo.

La filosofía RCM plantea, como criterio general, el mantenimiento prioritario de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante en el que se aplicaría el correspondiente mantenimiento correctivo.

Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

RCM se basa en analizar los fallos potenciales que puede tener una instalación, sus consecuencias y la forma de evitarlos. Desde el origen en su definición en 1978, el RCM ha sido usado para diseñar el mantenimiento y la gestión de activos en todo tipo de actividad industrial y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso (Nowlan et al., 1978) ha sido mejorado y refinado con su uso y con el paso del tiempo. Muchas de las posteriores evoluciones de la idea original conservan los elementos clave del proceso ideado por Nowlan y Heap. Sin embargo el uso extendido del nombre “RCM” ha llevado a que surjan un gran número de metodologías de análisis de fallos que difieren significativamente del original, pero que sus autores también llaman “RCM”. Muchos de estos otros procesos no alcanzan los objetivos definidos por Nowlan y Heap, y algunos son incluso contraproducentes. En general tratan de abreviar y resumir el proceso, lo que lleva en algunos casos a desnaturalizarlo completamente (García, 2009a).

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se define como “un proceso usado para determinar lo que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga en su contexto operacional actual”. Involucra hacerse las siguientes siete preguntas sobre el activo que está siendo examinado, a saber:

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento asociados del activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en el cumplimiento de sus funciones?
- ¿Qué es lo que causa cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre la falla?
- ¿Hasta qué punto y de qué forma importa si ocurre cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué pasa si no se puede encontrar una tarea proactiva apropiada?

El Mantenimiento RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

El objetivo principal de RCM está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas, y evitando o quitando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias. Las ventajas que puede introducir el RCM, se podrían resumir:

- Puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario preventivo realizado habitualmente.

- Si se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.

Los procesos para la implantación de un Plan de Mantenimiento RCM:

- Selección del sistema y documentación.
- Definición de fronteras del sistema.
- Diagramas funcionales del sistema.
- Identificación de funciones y fallas funcionales.
- Construcción del análisis modal de fallos y efectos.
- Construcción del árbol lógico de decisiones.
- Identificación de las tareas de mantenimiento más apropiadas.
- Implantación de recomendaciones y seguimiento de resultados.

El programa de mantenimiento inicial, que a menudo resulta de la colaboración entre el suministrador y el usuario, se define con anterioridad a la operación y está basado en la metodología del RCM. El programa de seguimiento y actualización del mantenimiento, que se desarrolla a partir del programa inicial, lo inicia el usuario tan pronto como sea posible y una vez que ha comenzado la operación. Dicho programa podría basarse en datos reales de fallos o degradación y en los avances de la tecnología, los materiales, las técnicas de mantenimiento y los métodos (figura 4).

Un programa inicial de RCM puede comenzarse cuando el producto está en servicio para renovar y mejorar el programa existente de mantenimiento que ha sido preparado a partir de la experiencia o de las recomendaciones del fabricante, sin el beneficio que proporciona un enfoque normalizado como el del RCM (EN200001-3-11, 2003).

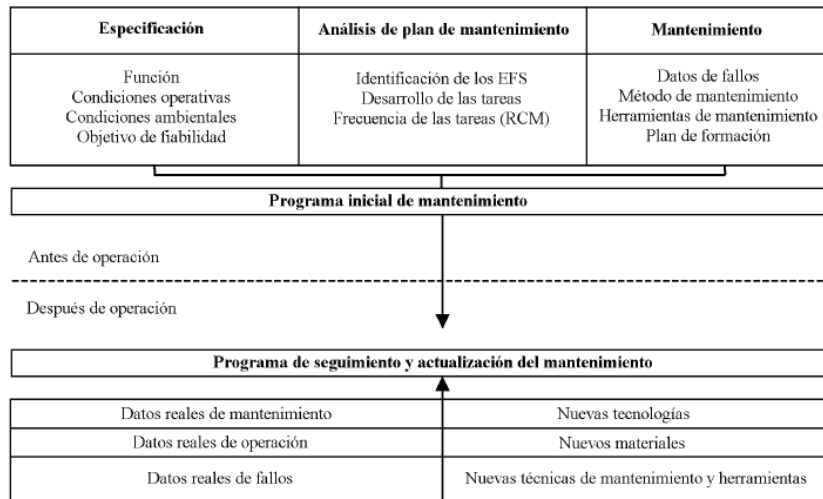


Figura 4. Evolución de un programa dinámico de mantenimiento RCM, e información requerida. Fuente: UNE-EN200001-3-11, 2003.



La implantación de técnicas en las empresas, conlleva un profundo conocimiento en los activos mantenidos, se debe gestionar el conocimiento acumulado para que sea útil a toda la organización, así como la entrada de nuevo personal operativo de mantenimiento. En empresas pequeñas es difícil de implementar en su totalidad, ciñéndose a los activos más críticos.

Mantenimiento proactivo

Esta estrategia de mantenimiento, está dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria o instalaciones.

Es una metodología en la cual el diagnóstico y las tecnologías de orden predictivo son empleados para lograr aumentos significativos de la vida de los equipos y disminuir las tareas de mantenimiento, con el fin de erradicar o controlar las causas de fallas de las máquinas. Mediante este mantenimiento lo que se busca es la causa raíz de la falla, no sólo el síntoma (Goel et al., 2003; Mora, 2005), buscando un mayor rendimiento en el servicio (Bourne et al., 2005; Oke, 2005) y una fiabilidad aceptable (Sun et al, 2007).

Este mantenimiento tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de modo tal que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento deben conocer la problemática del mantenimiento, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos, y directivos deben estar conscientes de las actividades que se realizan para desarrollar las labores de mantenimiento (Cuesta, 2010).

Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se debe atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el plan estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez debe brindar indicadores (informes) hacia la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores, y basado en tácticas tanto preventivas como predictivas (Figura 5).

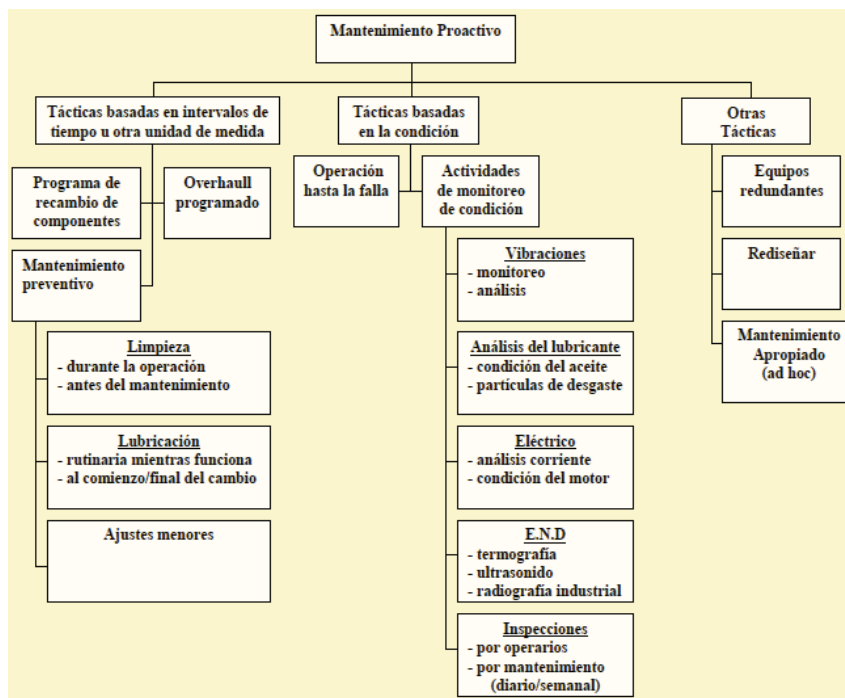


Figura 5. Tácticas mantenimiento proactivo. Fuente: Bottini, 2010.

Mantenimiento de clase mundial (WCM).

Se define como el mantenimiento sin desperdicio, donde este es la diferencia entre cómo se realizan las diferentes acciones en la actualidad y el deber ser óptimo de las mismas. Se basa en anticiparse a lo que suceda en el futuro, su función básica es convertir cualquier clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. Una organización de clase mundial no sólo se basa en el hacer, también en el pensar (Idhammar,1997b).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado) (Idhammar,1997a).

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA, define esta filosofía como “el conjunto de las mejores prácticas operacionales y de mantenimiento, que reúne elementos de distintos enfoques organizacionales con visión de negocio, para crear un todo armónico de alto valor práctico, las cuales aplicadas en forma coherente generan ahorros sustanciales a las empresas”. La categoría Clase Mundial, exige la focalización de los siguientes aspectos:

- Excelencia en los procesos medulares.
- Calidad y rentabilidad de los productos.
- Motivación y satisfacción personal y de los clientes.
- Máxima confiabilidad.
- Logro de la producción requerida.
- Máxima seguridad personal.
- Máxima protección ambiental.

Las prácticas que sustentan el Mantenimiento Clase Mundial, se pueden resumir en las siguientes:

1. Organización centrada en equipos de trabajo: Análisis de procesos y resolución de problemas a través de equipos de trabajo multidisciplinarios y a organizaciones que evalúan y reconocen formalmente esta manera de trabajar.
2. Contratistas orientados a la productividad: Se debe considerar al contratista como un socio estratégico, donde se establecen pagos vinculados con el aumento de los niveles de producción, con mejoras en la productividad y con la implantación de programas de optimización de costos. Todos los trabajos contratados deben ser formalmente planificados, con alcances bien definidos y presupuestados, que conlleven a no incentivar el incremento en las horas utilizadas.
3. Integración con proveedores de materiales y servicios: Considera que los inventarios de materiales sean gerenciados por los proveedores, asegurando las cantidades requeridas en el momento apropiado y a un costo total óptimo. Por otro lado, debe existir una base consolidada de proveedores confiables e integrados con los procesos para los cuales se requieren tales materiales.
4. Apoyo y visión de la gerencia: Involucramiento activo y visible de la alta Gerencia en equipos de trabajo para el mejoramiento continuo, adiestramiento, programa de incentivos y reconocimiento, evaluación del empleado, procesos definidos de selección y empleo y programas de desarrollo de carrera.
5. Planificación y Programación Proactiva: La planificación y programación son bases fundamentales en el proceso de gestión de mantenimiento orientada a la confiabilidad operacional. El objetivo es maximizar efectividad / eficacia de la capacidad instalada, incrementando el tiempo de permanencia en operación de los equipos e instalaciones, el ciclo de vida útil y los niveles de calidad que permitan operar al más bajo costo por unidad producida. El proceso de gestión de mantenimiento y confiabilidad debe ser metódico y sistemático, de ciclo cerrado con retroalimentación. Se deben planificar las actividades a



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
ANEXOS
INDICE

corto, mediano y largo plazo tratando de maximizar la productividad y confiabilidad de las instalaciones con el involucramiento de todos los actores de las diferentes organizaciones bajo procesos y procedimientos de gerencia documentados.

6. Procesos orientados al mejoramiento continuo: Consiste en buscar continuamente la manera de mejorar las actividades y procesos, siendo estas mejoras promovidas, seguidas y reconocidas públicamente por las gerencias. Esta filosofía de trabajo es parte de la cultura de todos en la organización.

7. Gestión disciplinada de adquisición de materiales: Procedimiento de adquisición de materiales homologado y unificado en toda la corporación, que garantice el servicio de los mejores proveedores, balanceando costos y calidad, en función de convenios y tiempos de entrega oportunos y utilizando modernas tecnologías de suministro.

8. Integración de sistemas: Uso de sistemas estándares en la organización, alineados con los procesos a los que apoyan y que faciliten la captura y el registro de datos para análisis.

9. Gerencia disciplinada de paradas de plantas: Paradas de plantas con visión de gerencia de proyectos con una gestión rígida y disciplinada, liderada por profesionales. Se debe realizar adiestramiento intensivo en paradas tanto al personal propio como a los contratistas y proveedores, y la planificación de las paradas de planta bajo procedimientos y prácticas de trabajo documentadas y ensayadas.

10. Producción basada en confiabilidad: Grupos formales de mantenimiento predictivo / confiabilidad (ingeniería de mantenimiento) deben aplicar sistemáticamente las más avanzadas tecnologías y metodologías existentes del mantenimiento predictivo como: vibración, análisis de aceite, ultrasonido, alineación, balanceo y otras.

Es por ello que el mantenimiento de clase mundial satisface los requisitos y expectativas, relacionadas con la seguridad, el medio ambiente, la calidad y la economía. El punto de partida, seguirá siendo, esencialmente, la identificación de las necesidades propias y la evaluación de la capacidad que se tiene para satisfacer dichas necesidades. No podrá ser sostenible un desempeño, clase mundial, de un proceso aislado en la empresa si el resto de los procesos de la organización no se orientan y trabajan igualmente por ser mejores en el tiempo.

Lean maintenance

Es una táctica proactiva que utiliza la planificación y programación como estrategias fundamentales, para eliminar las pérdidas o desperdicios en la actividad de mantenimiento. En la Fabricación tradicional de "Lean", varias áreas de desperdicio son identificadas. Plantea aumentar la confiabilidad operacional y disponibilidad de los activos e implantar métodos de mejora continua que mejoren los procesos y reduzcan los gastos de mantenimiento. La reducción que plantea se basa en siete desperdicios fundamentales:

- Tiempos de espera.
- Transportes.
- Pérdidas de disponibilidad.
- Inventario.
- Sobre-mantenimiento o sub-mantenimiento.
- Movimientos innecesarios.
- Defectos repetitivos.

Es por ello que esta táctica pretende obtener una actividad de mantenimiento correcta en el momento adecuado, lugar correcto y con la eficiencia precisa, captando todas las oportunidades para cortar el desperdicio y hacer mejoras en cada operación de mantenimiento.

La terotecnología

Es una combinación de management (gestión) de la economía y del engineering (tecnología), con vistas a la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos, sus comportamientos y precio de coste; su instalación, entretenimiento, modificación y durabilidad.

Al enfoque clásico del mantenimiento basado en los conceptos económicos básicos de la Teoría Económica, para determinar la rentabilidad de la reparación, y en consecuencia la fijación de políticas de mantenimiento, en relación, por ejemplo, con la renovación de la maquinaria, Kelly (Kelly et al., 1978) aporta en 1975 el de la terotecnología, que contempla el estudio del coste del ciclo de vida (LCC o "life cycle costing"), como necesario a la hora de concluir estrategias de inversión, operación y eliminación en mantenimiento (figura 6).

El término de terotecnología fue definido en 1970 por la British Standard Institution con esta definición:

"La terotecnología es una combinación de gestión, finanzas, ingeniería y otras disciplinas, se aplica a bienes físicos para llevar a cabo una vida económica del coste del ciclo en relación a ellos. Este objetivo se alcanza con el proyecto y la disponibilidad de las aplicaciones y los servicios de mantenimiento, maquinaria, equipo, edificios y estructuras en general, teniendo en cuenta su diseño, instalación, mantenimiento, mejora, sustitución con todos los consiguientes retornos para información, sobre el diseño, ejecución y costos".

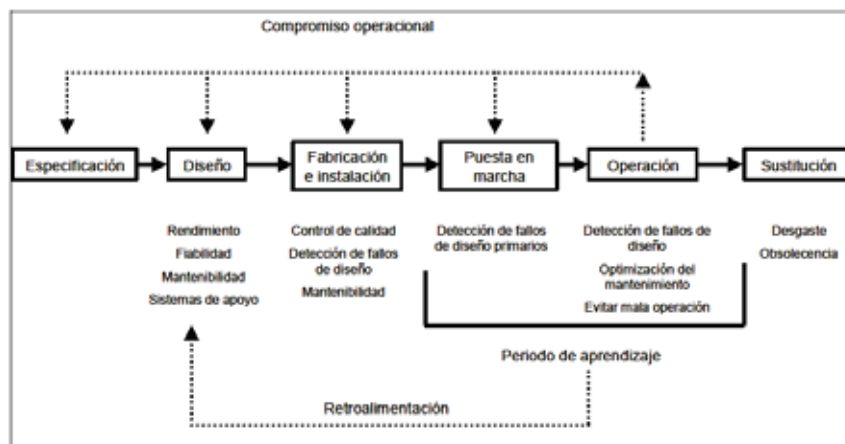


Figura 6. Etapas de la terotecnología. Fuente: Mora, 2005

Es la ciencia integradora de todos los aspectos del enfoque kantiano de mantenimiento, a través de ella se logran integrar todos los niveles del mantenimiento junto con sus elementos estructurales y sus relaciones (Mora, 2005). Es en la terotecnología donde se apoya el concepto del costo económico integral del ciclo de vida LCC y a partir de allí donde se establecen los indicadores magnos de mantenimiento: efectividad, LCC y confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (Evans,1975). La terotecnología consiste en (Wakefield,1985; Evans,1975):

- Obtener información acerca de los activos físicos y su desempeño, esto debe incluir hechos y tendencias sobre la productividad, costos, disponibilidad, causas de fallas, funcionamiento, frecuencia y severidad de los tipos de falla, piezas de repuesto usadas, frecuencia de trabajo de los niveles de mantenimiento.
- Análisis de la información para determinar la causa de los problemas; estos pueden ser por diferentes causas de falla, debido a malos estándares de mantenimientos, diseños de mala calidad, operaciones inadecuadas, falta de lubricación, repuestos de mala calidad, sobrecarga de los equipos, materiales incorrectos durante el proceso, entre otros.
- Adoptar acciones apropiadas para eliminar o reducir las causas de los problemas en los procesos.



Enfoca una aproximación sistémica integrando, equipos, usuarios y fabricante de los equipos o instaladores (figura 7).

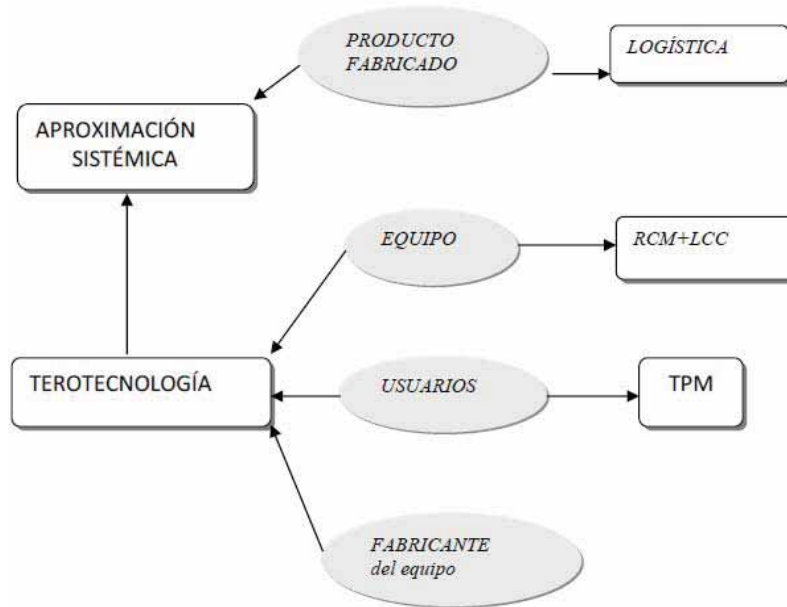


Fig. 7. Tecnologías organizativas del mantenimiento y sus enfoques hacia la terotecnología. Fuente: Elaboración propia.

Las normas UNE sobre mantenimiento y el manejo de la información-conocimiento.

Las normativas técnicas reglamentarias específicas en referencia a diferentes tipos de instalaciones de numerosos países (electricidad, climatización, gas, seguridad en máquinas, etc.), conllevan en si la captación de información y obligatoriedad en la realización de acciones de mantenimiento, en lo referente en la seguridad de su utilización. Sin embargo dicha información, en numerosas ocasiones, es convertida en datos no gestionados y por tanto reduciéndose las fases de generación y utilización del conocimiento

Más específicas en relación con la actividad general de mantenimiento, las normas UNE, tratan de homogenizar dichas actividades, describiendo los procesos de captación y manejo de información, aunque sin centrarse en cómo conseguir que dichos datos se transformen en conocimiento por parte de la organización, aunque marcando en gran medida los procesos de recogida de información para el mejor desempeño de la función de mantenimiento. En la figura 8 se muestra los recursos de información, para la identificación, análisis y recursos para la realización de un modelo de plan de mantenimiento.

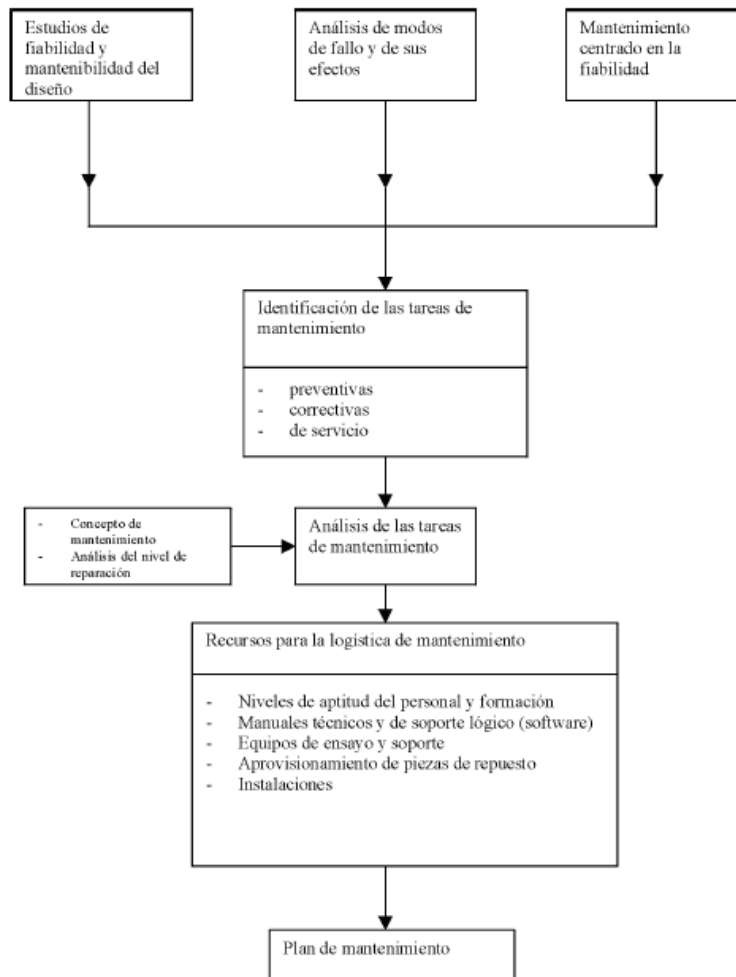


Figura 8. Información y datos para Desarrollo del plan de mantenimiento. Fuente: UNE-EN20464-4, 2002.

Sin entrar en normas UNE sobre confiabilidad, equipos, fiabilidad, etc., que afectan directamente a la funcionalidad de las técnicas de mantenimiento, las normas generales que inciden sobre la información y datos se podrían indicar las UNE-EN 13306, UNE-EN 13460, UNE-EN 15341, UNE-EN 200001-3-11, UNE-EN 20464, UNE-EN 60706-2:

- ♦ *UNE-EN 13306 (2010). Terminología de mantenimiento:* Define los términos y datos e información necesarios en todas las actividades de mantenimiento, homogenizando los términos normalmente usados en esta actividad.
- ♦ *UNE-EN 13460 (2009). Documentos para el mantenimiento:* Marca el flujo de información adecuado entre los diferentes puntos de su organización interna y con el resto de las unidades funcionales y de organización del negocio, para cubrir sus objetivos alcanzando un desempeño aceptable.
- ♦ *UNE-EN 15341 (2007). Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento:* Relación de información y datos necesarios para gestionar los Indicadores Clave destinados a medir el rendimiento del mantenimiento en el marco de los factores que influyen en el mismo, tales como los



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

aspectos económicos, técnicos y organizativos, con objeto de evaluar y mejorar la eficiencia y la eficacia para conseguir la excelencia en el mantenimiento de los Activos Técnicos.

- ♦ *UNE-EN 200001-3-11(2003). Mantenimiento centrado en la confiabilidad:* Muestra el camino para la identificación de información, datos y los requisitos aplicables y eficaces de mantenimiento preventivo que deben cumplir los equipos y las estructuras teniendo en cuenta las consecuencias operativas, económicas y sobre la seguridad que se puedan derivar de los fallos identificables y de los mecanismos de degradación causantes de los mencionados fallos. El resultado final obtenido con la aplicación del árbol lógico de decisión es un criterio sobre la conveniencia de realizar alguna tarea de mantenimiento, que se puede transformar en conocimiento generado y utilizable en toda la organización.
- ♦ *UNE-EN 20464 (2002): Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento:* Describe la información necesaria para realizar las tareas exigidas para la planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Deben realizarse durante la fase de adquisición del sistema para cumplir con los objetivos de disponibilidad de la fase operativa. También se describen las interfaces entre fiabilidad, mantenibilidad, y programa de planificación de la logística de mantenimiento, así como sus tareas asociadas.
- ♦ *UNE-EN 60706-2 (2006): Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo:* Datos, información necesarios para la realización de una guía sobre cómo puede incorporarse la mantenibilidad en las especificaciones y contratos y cómo debería considerarse la mantenibilidad como parte del proceso de diseño, que sin duda potenciaran el conocimiento general de operación de equipos e instalaciones en su proceso de utilización y explotación.

3. Los modelos de mantenimiento y la gestión del conocimiento en relación a la empresa.

En la misma naturaleza del mantenimiento industrial aparecen elementos ligados al conocimiento, ya que la técnica puede ser definida como la forma o manera de realizar una actividad, implicando, en consecuencia, la presencia de capital intelectual incorporado o no a los activos industriales o al personal. La especial acción o actividad del mantenimiento exige técnicas o conocimientos muy específicos y contingentes, de alto valor estratégico, que implican complejidad y elevados esfuerzos en su registro, transmisión y aplicación (Matsuoka et al., 2007; Karim et al., 2009; Carrillo et al., 2004; Hui et al., 2004; Ferdows et al., 2006).

Los procesos de gestión del conocimiento al igual que las estrategias tácticas de mantenimiento requieren de unos recursos organizativos y formativos bien estructurados, que evidentemente deben contar con los medios necesarios mantenidos en largo plazo. Sin embargo, esto muchas veces sólo se logra en grandes empresas, relegando las pequeñas y medianas empresas a estrategias de supervivencia o de corto plazo, siendo estas últimas la que concentra la mayor proporción de producción y empleo a nivel de cualquier país (En el caso de España, el 95% de las empresas tienen menos de 9 empleados, y entre las pequeñas y medianas empresas concentran casi el 75% de los empleados). Es por ello que cualquier estrategia o medida adoptada para mejorar entre las pequeñas y medianas empresas, conllevará una mejora sustancial a nivel nacional de la eficiencia de los procesos de mantenimiento y con ello una mayor eficacia productiva con mejor resultado económico.

Según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), recogidos en el Directorio Central de Empresas (DIRCE 2010), el número total de empresas en España alcanza los 3.291.263, de las cuales el 95% tiene un máximo de 9 empleados. Las pequeñas empresas (de 10 a 49 empleados) representan un 4,2 % del total de empresas españolas (Figura 9), seguidas de las medianas (de 50 a 199 empleados) con un 0,6% y por último las grandes compañías (de 200 o más empleados) con un peso del 0,2%. Entre las empresas de menos de 10 empleados, denominadas microempresas, destacan aquellas que tienen de 0 a 2 trabajadores con más de 2,6 millones contabilizadas en este estrato (85% del total de microempresas) (MITC 2011).

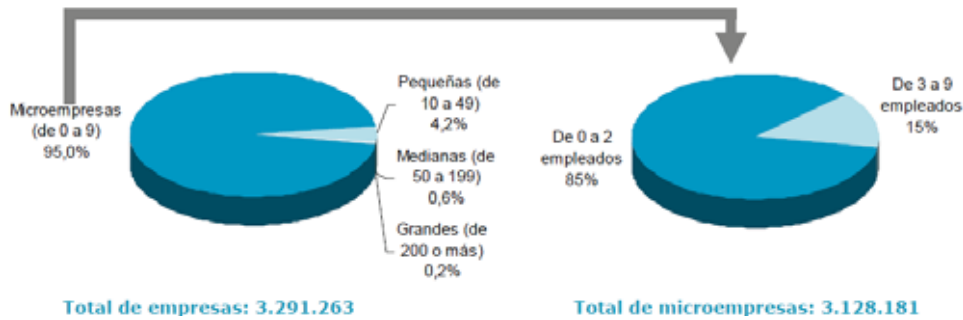


Figura 9. Distribución de empresas en función número de empleados en España. Fuente: MITC 2011.

Si bien las microempresas representan el 94,5% del tejido empresarial español, las compañías de 1 a 10 empleados concentran alrededor del 26,7% de los trabajadores de nuestro país, mientras que las grandes empresas (más de 250 empleados), que son el 0,2% del total, cuentan con el 26,9% de los trabajadores. Les siguen las empresas pequeñas (de 11 a 50 empleados) con el 24,5% de los trabajadores y las empresas medianas (de 51 a 250 empleados), con el 21,9% (MITC 2011).

Es por todo ello y la realidad de los tamaños y recursos de las empresas en la mayoría de los países industrializados, en que predominan las pequeñas y medianas empresas en el proceso productivo del país, que la mayoría de las grandes filosofías tácticas de mantenimiento, no son aplicadas por falta de medios, concienciación o conocimiento de las bondades que se pueden conseguir en un medio y largo plazo. Con ello se pierde capacidad productiva latente por la falta de disponibilidad en momentos determinados, que sumados en una economía de escala, conllevan pérdidas de eficiencia globales en la productividad de un país.

La disponibilidad es la aptitud de un elemento o sistema para encontrarse en un estado en que pueda realizar su función, cuándo y cómo se requiera, bajo condiciones dadas, asumiendo que se dispone de los recursos externos necesarios (UNE-EN13306, 2010).

En cuanto a la expresión de su meta en las empresas: la consecución de requerimientos de disponibilidad en equipos e instalaciones, implica la ubicación de las actividades de mantenimiento en escenarios de elevada contingencia e incertidumbre, dónde contenidos informativos muy dinámicos, perecederos y específicos, y sus procedimientos de aplicación, se revelan como imprescindibles para una marcha eficiente de la planta. En otro caso, el mantenimiento de la planta debería responder de elevados costes de intervención, basados en una búsqueda repetitiva e inconsistente de información en las fases de detección, diagnóstico, prevención y reparación del fallo.

Se puede observar en la figura 10, en el proceso ante una in-disponibilidad, que existen unos tiempos no requeridos, alargados en muchas ocasiones por la no adecuada gestión del conocimiento (no extrapolación del conocimiento de experiencias anteriores, tiempos en recolectar la información para actuar ante una situación crítica, no estar documentado el conocimiento de compañeros con la experiencia adecuada, etc.). Dicha ineficiencia en la gestión del conocimiento para la resolución de averías críticas o no cíclicas, que alargan los tiempos de indisponibilidad, es sin duda uno de los factores más acusados en las pequeñas empresas, que redundan en el tiempo improductivo y como consecuencia unas pérdidas económicas palpables.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

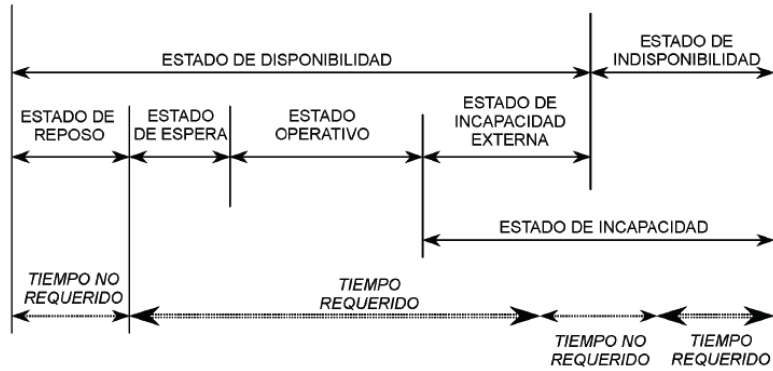


Figura 10. Estados de un elemento o instalación en función de su disponibilidad. Fuente: UNE-EN13306, 2010.

4. Barreras y facilitadores para la gestión del conocimiento en las estrategias de mantenimiento.

En el proceso de gestión del conocimiento integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1999), aplicado a la actividad táctica del mantenimiento, puede tener un enfoque kantiano en el cual interactúan personas, instalaciones y entorno (figura 11), en el cual deben ser estudiadas todas las variables en conjunto.

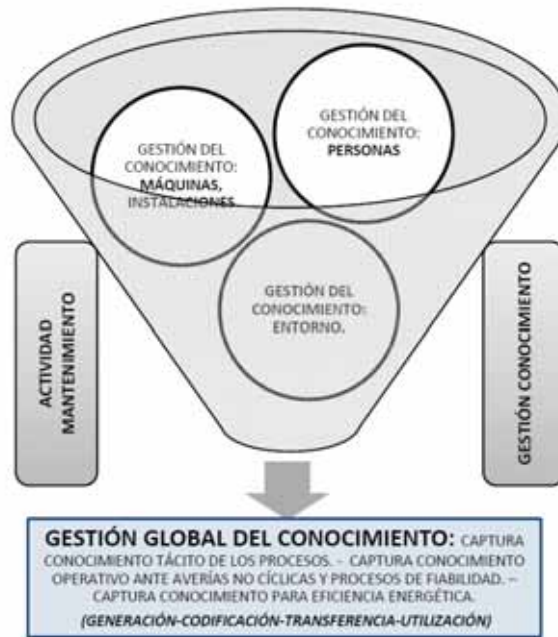


Figura 11. Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los problemas más frecuentes y críticos, en relación al conocimiento tácito y la gestión del conocimiento, con los que los especialistas y técnicos de mantenimiento se encuentran son:

- Cambios de personal de la plantilla (Pérdida del conocimiento de la persona que causa baja).



- Poca experiencia de los operarios (Tiempo en formar conocimiento para ser operativo en el entorno).
- Falta de información de medidas a tomar y pasos a seguir ante ciertas averías o incidencias (Conocimiento ante actuaciones no registradas).
- Dependencia del conocimiento y experiencia tácita de los operarios (Conocimiento que hace cautiva a la empresa).
- Históricos de avería y análisis de causas imperfectos (Conocimiento incompleto o mal documentado).
- Desorganización de la información acerca de las instalaciones (Conocimiento explícito mal organizado o no actualizado (planimetría, manuales, procedimientos).
- Carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal (Adquisición del conocimiento útil y aplicado).
- Actuación ante averías críticas, de emergencia o no cíclicas (conocimiento crítico de graves efectos económicos).

Todos estos problemas fundamentales, aunque simples en definición y de apariencia banal, pueden tener graves consecuencias en el proceso productivo que afectarán sin duda a la empresa, aunque muchas veces asumidos. Son problemas complejos de tratar y procesar, dada la alta dependencia del factor humano, requiere de un compromiso global con unas dotaciones de medios y un seguimiento a largo plazo, mostrando con ello la dificultad de las empresas (más especialmente en las pequeñas) en la aplicación de estrategias globales de gestión del mantenimiento y su conocimiento estratégico.

La realidad de las empresas, en que el componente de pequeñas y medianas empresas conlleva hasta un 75% de la producción nacional, su limitación de recursos y la poca concienciación de las gerencias, hace que los problemas comentados se mantengan de manera cíclica en el tiempo, con la pérdida de productividad global que supone al tejido industrial nacional.

Así mismo en estudios sectoriales realizados a empresas sobre la actividad de mantenimiento (AEM, 2010), se contempla que el mantenimiento correctivo (tras la avería), representa entre el 50 y el 70% de la actividad principal realizada en los departamentos de mantenimiento, contemplándose en pequeña medida (y normalmente sólo en el entorno de grandes empresas), técnicas organizativas más elaboradas como el TPM, RCM, etc.

Tras la revisión de la literatura, marcando las características fundamentales de los tipos y estrategias organizativas del mantenimiento industrial, se denota en todas ellas la gran incidencia del conocimiento por los procesos técnicos específicos necesarios para su implementación, y que pueden afectar directamente a la producción o servicio de la empresa.

En la tabla 2 se pueden observar las barreras y facilitadores para la gestión del conocimiento en relación a sus tipos. Se observa que el mantenimiento correctivo, denota una falta de organización, una importante variabilidad no controlada en los procesos de fallo y gran dependencia del conocimiento tácito de los operarios, que denotan que cualquier actuación para la transferencia y utilización del conocimiento, implicarían acciones de mejora inmediatas. El mantenimiento preventivo, lleva implícito una planificación (muchas veces mal analizada y sólo basada en el tiempo), que marcan un camino para la gestión del conocimiento, aunque muchas empresas tienden a subcontratar dichos servicios, con lo cual dicho conocimiento pasa a la empresa subcontratista, perdiendo la empresa el control sobre el “saber” que interactúa en sus propias instalaciones. El mantenimiento predictivo, denota un mayor compromiso del conocimiento, con la captura de información sobre las características de fiabilidad de los procesos, requiere una formación más especializada, y normalmente una mayor concienciación en documentar las actuaciones que puede conllevar un conocimiento generado y transmitido.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

	TIPOS DE TÉCNICAS MANTENIMIENTO	FACILITADORES PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	BARRERAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
TIPOS	❖ CORRECTIVO	- -	- Actuación por impulsos. - Alta improvisación. - Falta concienciación. - Estrategias de la dirección. - Fuerte conocimiento tácito y dependencia del personal.
	❖ PREVENTIVO	- Existe una planificación, reflejada en planes. - Existe una conciencia en la dirección de la función del mantenimiento.	- Normalmente se refleja la realización, pero no el conocimiento del proceso completo, para utilizarse en auto-aprendizaje. - El conocimiento en los procesos se suele realizar basándose en la experiencia. - Las empresas tienden a la subcontratación, estando el conocimiento de las acciones fuera del ámbito de la empresa.
	❖ PREDICTIVO	- Existe una planificación, reflejada en planes. - Buen conocimiento de los sistemas. - Conocimiento de fallos típicos y su prevención. - Personal cualificado.	- Inversión de tiempo para conseguir la capacitación necesaria que redunde en la generación del conocimiento. - En pequeñas empresas, difícil de implementar o aplicación parcial normalmente subcontratada.

Tabla 2. Barreras y facilitadores para la aplicación de la GC en relación a los tipos mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a las filosofías o estrategias normalmente usadas en el mantenimiento industrial, están todas basadas en la combinación de los tipos fundamentales de mantenimiento, en conjunto con técnicas organizativas con proyección hacia una estrategia fundamental que es la eficiencia productiva o del servicio realizado por la empresa. Sin embargo, aunque todas ellas bien intencionadas, requieren de un alto compromiso de la alta dirección, de todo el personal (no sólo de mantenimiento), unos medios temporales y económicos, para conseguir unos resultados favorables en un medio plazo. Estas estrategias marcan un camino adecuado para realizar procesos de gestión del conocimiento, por la alta capacidad de gestión y conocimiento del equipamiento que conlleva la adquisición de información necesaria para la eficiencia de los procesos.

Las barreras para la gestión del conocimiento en las grandes estrategias de mantenimiento (Tabla 3), son precisamente en la continuidad de los facilitadores que en su propia definición están implícitos, dado que todos ellos deben ser mantenidos en el tiempo, con una fuerte disciplina corporativa, y una dotación que debe ser asumida ante diferentes incertidumbres económicas.

Hay que tener en cuenta, que todos los procedimientos planteados por las estrategias de mantenimiento, no sólo deben tener en cuenta “qué hay que hacer”, sino también “cómo se debe hacer”, parte esta última normalmente olvidada, que conlleva sin duda la captación del conocimiento tácito operativo del mantenimiento, su registro y documentación, y con ello su transmisión al resto de la organización, que redundará ante acciones no cíclicas, fallos complejos no periódicos y actuación ante emergencias operativas

En empresas de mayor tamaño, y en consecuencia en las economías de escala, cualquier acción de mejora de la gestión del conocimiento de dichas actividades estratégicas, conllevarán una mayor eficiencia y retorno de la inversión de aplicar técnicas más complejas. El reto se plantea en las pequeñas y medianas empresas, donde no se observa un retorno inmediato de la inversión por las utilizaciones de estrategias

fundamentales de mantenimiento y su gestión del conocimiento, asumiendo las pérdidas redundantes como parte de los gastos que se deben tener en cuenta en la producción, repercutidas en el precio final, con alta variabilidad (no se sabe cuantificar el gasto repercutido por esos procesos improductivos aleatorios).

No obstante, todas los tipos y estrategias de mantenimiento pueden ser adaptadas al propio entorno de la empresa, y marcado un compromiso aunque sea de forma parcial en el proceso productivo, permite la entrada de la mejora de la eficiencia, la gestión del conocimiento, y con ello el aumento de la productividad general.

	ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	FACILITADORES PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	BARRERAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
ESTRATEGIAS	<ul style="list-style-type: none"> • TPM 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia global. - Implicación de la dirección. - Involucra aprendizaje y mejora continua. - Aúna esfuerzos del personal de producción alrededor del mantenimiento - Trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente se centra en el último escalón (mantenimiento autónomo). - Es un proceso a largo plazo, que debe dotarse de continuidad.
	<ul style="list-style-type: none"> • RCM 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de los componentes críticos. - Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional. - Fomenta el trabajo en grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario un equipo de trabajo multidisciplinario. - Las técnicas RCM pueden ser complejas para el personal operario en contornos de pequeñas empresas.
	<ul style="list-style-type: none"> • WCM 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia corporativa. - Conocimiento de las metas y objetivos fijados. - Mejoramiento continuo - Normalmente utilizadas en empresas multinacionales, con grandes recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de un alto compromiso mantenido a largo plazo por toda la organización. - requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento. - Es un proceso de largo plazo. - Debe haber un alto compromiso de los empleados y los proveedores. - Dependencia de subcontratación en mantenimiento. - Requiere buen clima organizacional y un excelente recurso humano motivado hacia el aprendizaje individual y colectivo. - Alta complejidad para pequeñas y medianas empresas.
	<ul style="list-style-type: none"> • PROACTIVO 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de la economía en los costos de maquinaria. - Busca fortalecer el entrenamiento y capacitación del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere que el personal tenga un alto nivel de conocimiento y familiarización con la máquina. - La rotación de personal. - Deben realizarse estrategias de motivación. - Sólo se actúa principalmente sobre la maquinaria involucrada en la producción, no sobre el resto de instalaciones con un conocimiento crítico más complejo
	<ul style="list-style-type: none"> • LEAN MAINTENANCE 	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia hacia la eficiencia total en la producción. - Compromiso global de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere una planificación estricta, mantenida en el tiempo. - En la reducción de costes puede influir los tiempos necesarios para formación y gestión del conocimiento
	<ul style="list-style-type: none"> • TEROTECNOLOGÍA 	<ul style="list-style-type: none"> - Conlleva el conocimiento de todo el ciclo de vida del equipamiento. - Estrategia global de la empresa en combinación con proveedores. - Conocimiento profundo de las propias actividades, procesos y el de los proveedores. - Análisis de la información para determinar la causa de los problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - Los proveedores deben tomar las mismas estrategias y gestión de la información. - La captación y manejo de la información requiere de sistemas complejos integrados con lo de los proveedores. - Alta complejidad para pequeñas y medianas empresas.

Tabla 3. Barreras y facilitadores para la aplicación de la GC en relación a estrategias de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III: **EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS**

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

5. Conclusión

El aplicar en las empresas sólo técnicas básicas de mantenimiento (correctivo, preventivo), conlleva una importante barrera hacia una eficiente gestión del conocimiento de la actividad. En esta situación el adoptar técnicas de gestión del conocimiento, aunque sólo en las actividades muy críticas operativas, permite una puerta de entrada a la mejora de su utilización, unos beneficios valorados a corto plazo (reducción de paradas de producción o el tiempo de esas paradas), y es el punto de comienzo de estrategias de mantenimiento más complejas para las empresas, con dotación económica-tiempo en sus comienzos.

Las estrategias globales de mantenimiento son normalmente utilizadas por grandes empresas, siendo su barrera fundamental la propia disciplina empresarial que debe ser mantenida de manera continua, la dotación de medios en sus comienzos en grande y debe estar involucrada toda la organización.

De todo lo argumentado se extrae la necesidad de capturar, administrar, almacenar, transferir y difundir el conocimiento de la organización de mantenimiento y el entorno que la rodea para que la organización sea capaz de integrar eficazmente la percepción, la creación de conocimiento y la toma de decisiones se pueda describir como una organización inteligente [Choo, 1999]. Es en la organización de mantenimiento, por sus propias características de funcionamiento y experiencia requerida, donde se haga más acuciente analizar los efectos de su gestión del conocimiento, y en especial el tácito.

La realidad empresarial y los estudios sectoriales sobre la actividad de mantenimiento (AEM, 2010), denotan la dificultad de las empresas pequeñas en adoptar estrategias complejas de mantenimiento. Es por ello, que con la adopción de técnicas de gestión del conocimiento, aunque sea de manera primaria, se pueden conseguir mejorar los valores de disponibilidad, que sin duda conllevará el comienzo de otras estrategias superiores.

6. Referencias

AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento;. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.

AFIM, (2007). Association française des ingénieurs et techniciens de maintenance (2007), Guide national de la maintenance 2007, Paris.

Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008a). Assessment of contributions of successful TPM initiatives towards competitive manufacturing. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 14 (4), 356–374.

Ahuja, I.P.S., Khamba, J.S. (2008b). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management* 25 (7), 709–756.

Alardhi, M. and Hannam, R.G. (2007), "Preventive maintenance scheduling for multi-cogeneration plants with production constraints", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 3, pp. 276-92.

Al-Najjar, B. and Alsyouf, I. (2003), "Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making", *International Journal of Production Economics*, Vol. 84 No. 1, pp. 85-100.

Altmann, C.(2006). El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. 2do Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad 16, 17 y 18 de Agosto de 2006. Montevideo – Uruguay.

Armendola L. (2002). Modelos mixtos de Confiabilidad. *Projet Management*. Edición Prentice Hall.

Armendola L. (2004). Estrategias y Técnicas en la Dirección y Gestión de Proyectos. " *Projet Management*" Edición Prentice Hall.

Arunraj, N.S. and Maiti, J. (2010), "Risk-based maintenance policy selection using AHP and goal programming", *Safety Science*, Vol. 48 No. 2, pp. 238-47.

Barata, C.J., Guedes, S., Marseguerra, M. and Zio, E. (2002), "Simulation modelling of repairable multi-component deteriorating systems for on condition maintenance optimisation", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 76 No. 3, pp. 255-64.

Bottini, R. (2010). Modelos matemáticos para Optimización de Reemplazo Preventivo e Inspecciones Preventivas. Universidad Austral.

Bourne, M. (2005), "Researching performance measurement system implementation: the dynamics of success and failure", *Production Planning & Control*, Vol. 16 No. 2, pp. 101-13.

Bueno, E. (2002): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en *La Sociedad del Conocimiento*, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat



- Valenciana, Valencia.
- Cadini, F., Zio, E. and Avram, D. (2009), "Model-based Monte Carlo state estimation for condition-based component replacement", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 94 No. 3, pp. 752-8.
- Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Carnero Moya, M. (2006), "An evaluation system of the setting up of predictive maintenance programmes", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 91 No. 8, pp. 945-63.
- Carnero, C and Delgado, S. (2008). Maintenance audit by means of value analysis technique and decision rules. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 14 No. 4, 2008. pp. 329-342.
- Carnero, M.C. (2004), "The control of the setting up of a Predictive Maintenance Programme using a system of indicators", *Omega*, Vol. 32, pp. 57-75.
- Carrillo, J. and Gaimon, C. (2004), "Managing knowledge-based resource capabilities under uncertainty", *Management Science*, Vol. 50 No. 11, pp. 1504-18.
- Chan, F.T.S. (2005). Implementation of total productive maintenance: a case study. *International Journal of Production Economics* 95 (1), 71-94.
- Chen, J. (2006), "Optimization models for the machine scheduling problem with a single flexible maintenance activity", *Engineering Optimization*, Vol. 38 No. 1, pp. 53-71.
- Chien, Y.H. and Chen, J.-A. (2010), "Optimal spare ordering policy for preventive replacement under cost effectiveness criterion", *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 34 No. 10, pp. 716-24.
- Choo, C. W. (1999). *La Organización Inteligente*. Oxford University Press, México.
- Conde, J. (1999). "El Mantenimiento efectivo: principios y métodos". Working paper, GIO-0500-UCLM, Ciudad Real (1999).
- Cortés, J. (2007). *Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales*, 9th edn, Madrid, Tébar, 2007.
- Crespo Marquez, A. and Gupta, J. (2006), "Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars", *Omega*, Vol. 34 No. 3, pp. 313-26.
- Cuesta, F. (2010). *Manual y contrato de mantenimiento de la infraestructura eléctrica de una fabrica*. PFC.. Universidad Carlos III. Madrid.
- Del Moral, A. (2007). *Gestión del Conocimiento*. Thompson Editores. España.
- DIRCE, (2010). *Directorio central de empresas*. Instituto nacional de estadística. Ed. 2010. Madrid, España.
- Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. and Probert, S.D. (2005), "Strategic maintenance-management in Nigerian industries", *Applied Energy*, No. 83, pp. 211-27.
- Evans, D. (1975). *Terotechnology. How can it work* – Inglaterra – 1975.
- Ferdows, K. (2006), "Transfer of changing production know-how", *Production and Operations Management*, Vol. 15 No. 1, pp. 1-9.
- García, S. (2003), *Organización y gestión integral de mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial*, Madrid, Diaz de Santos.
- García, S. (2009a). *Ingeniería del mantenimiento*. Colección MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, Vol. 6. Editorial RENOVETEC 2009.
- García, S. (2009b). *Mantenimiento predictivo*. Colección MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, Vol. 3. Editorial RENOVETEC 2009.
- Garg, A. and Deshmukh, S.G. (2006), "Maintenance management: literature review and directions", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 3, pp. 205-38.
- Geraghty, T. (1996). R.C.M. and T.P.M. complementary rather than conflicting techniques – Article – Journal – Volumen 63 – USA – June (1996).
- Goel, H.D., Grievink, J. and Weijnen, M.P.C. (2003), "Integrated optimal reliable design, production, and maintenance planning for multipurpose process plants", *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 27 No. 11, pp. 1543-55.
- González, F.J. (2005); *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Fundación confemetal. Madrid.
- Hiatt, B. (1999). *Best Practices Maintenance - A 13 Step Program in Establishing a World Class Maintenance Organization - USA*.
- Hui, E. and Tsang, A. (2004), "Sourcing strategies of facilities management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No. 2, pp. 85-92.
- Idhammar, C. (1997a). *Maintenance management: moving from reactive to results-oriented* – Journal Review Pima's Papermaker. USA – July 1997.
- Idhammar, C. (1997b) - *Results Oriented MaintenanceTM Management Book195 - USA – 1997*.
- Inacio da Silva, C.; Pereira, C.; Oliveira, C. (2008). Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 14 No. 4, 2008, pp. 343-355.
- Jin, X., Li, L. and Ni, J. (2009), "Option model for joint production and preventive maintenance system", *International Journal of Production Economics*, Vol. 119 No. 2, pp. 347-53.
- Karim, R. and Soderholm, P. (2009). Application of information and communication technology for maintenance support information services. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 15 No. 1, 2009. pp. 78-91.
- Kelly, A.; Harris, M.J., (1978) "Management of Industrial Maintenance", Butterworths, Oxford.



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III:
EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Kim, C.S., Djamaludin, I., Murthy, D.N.P., (2004) 'Warranty and discrete preventive maintenance', *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 84, No. 3, pp. 301-309.

Kumar, U. (1990), "Application of reliability-centered maintenance: a tool for higher profitability", *Maintenance*, Vol. 5 No. 3, pp. 23-6.

Lazim, H.M., Ramayah, T., Ahmad, N., 2008. Total productive maintenance and performance: a Malaysian SME experience. *International Review of Business Research Papers* 4 (4), 237–250.

Macián, V., Tormos, B., Olmeda P., (2007) "Fundamentos de Ingeniería del Mantenimiento". Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia.

Matsuoka, S. and Muraki, M. (2007), "Short-term maintenance scheduling for utility systems", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 3, pp. 228-40.

MITC, (2011). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en las PYMES y grandes empresas españolas*. Ministerio de Industria, turismo y comercio de España. Edición 2011. Madrid.

Modarres, M. (2006), *Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends*, Taylor & Francis, New York, NY.

Monchy, F. (1990). "Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial", Versión castellana Manuel Fraxanet de Simón, Masson S. A. Barcelona.

Mora, A. (1999). Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas. – Tesis doctoral – Universidad Politécnica de Valencia – Valencia – España.

Mora, A. (2005), *Mantenimiento estratégico para empresas de servicios o industriales*. Ed. AMG. Medellín, Colombia.

Moubray, J. (1991). "Reliability-Centered Maintenance", Butterworth-Heinemann, Oxford (1991).

Nahas, N., Khatab, A., Ait-Kadi, D. and Nourelfath, M. (2008), "Extended great deluge algorithm for the imperfect preventive maintenance optimization of multi-state systems", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 93 No. 11, pp. 1658-72.

Nakajima, S., (1988). "Introduction to TPM", Productivity Press, Cambridge, MA, (1988).

Nakajima, S., (1989) "TPM Development Program", Productivity Press, Cambridge, MA, (1989).

Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford. México.

Nowlan, F., Heap, H. (1978). *Reliability Centered Maintenance*. U.S: Department of commerce national technical information service. Springfield. USA.

OCDE (1996): *The Knowledge-Based Economy*, Mimeo, París, OCDE, Mimeo, págs. 1-46.

OCDE, (2004), *Medición de la gestión de conocimientos en las empresas: primeros resultados*. Ed. OCDE.

Oiltech Analisis S.L. – (1995). *Mantenimiento Proactivo de sistemas mecánicos lubricados - Fluidos oleohidráulica neumática y automación* -Vol. 24 - Número 208 y 209 - España.

Oke, S.A. (2005), "An analytical model for the optimization of maintenance profitability", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 54 No. 2, pp. 113-36.

Peña, P. (2001). *To know or no to be. Conocimiento, el orogris de las organizaciones*. DINTEL, Madrid.

Pirret, Richard . (1999) *Proactive calibration helps drive productivity higher* - I&CS. - Everett, WA - USA – June 1999.

Rausand, M. (1998), "Reliability centered maintenance", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 60, pp. 121-32.

Rey S., F. (1996). *Hacia la excelencia en mantenimiento*. Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción SA. TGP Hoshin SL. Madrid. España.

Rodríguez Méndez, M. (2001). *Tesis Doctoral Aportaciones al Análisis de Cambios de Formato en Líneas de Envasado*. Universidad de Castilla-La Mancha. Ciudad Real.

Rodríguez Méndez, M.. (2003). *El Proceso de Cambio de Útiles*. Editorial Fundación Confemetal. Madrid.

Sachdeva, A., Kumar, D., Kumar, P., (2008). 'Planning and optimising the maintenance of paper production systems in a paper plant', *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 55, No. 4, 2008, pp. 817-829.

Sánchez, M.; Chaminade, C.; Escobar, C.; (1999). En busca de una teoría sobre medición y gestión de los intangibles en la empresa: Una aproximación metodológica. *Economiaz*, nº 45, 1999, pp. 188-213.

Sexto, L. (2004). *El TPM y la gestión del conocimiento*. Centro de Estudio de Innovación y Mantenimiento. Campus CUJAE. La Habana, Cuba.

Sharma, A and Yadava, G. (2011). A literature review and future perspectives on maintenance optimization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 1, 2011, pp. 5-25.

Sun, Y., Ma, L. and Mathew, J. (2007), "Prediction of system reliability for component repair", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 2, pp. 111-24.

Swanson, L., (2003). 'An information-processing model of maintenance management', *International Journal of Production Economics*, Vol. 83, No. 1, 2003, pp. 45-64.

Tavares L. (2004). *Administración moderna de Mantenimiento*. Editorial Interamericana S.A.

Tavares, Lourival Augusto . (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento* . Novo Polo Publicações – Río de Janeiro. – Brasil.



- UNE-EN 13306, (2010). Mantenimiento: Terminología de mantenimiento. Aenor, Marzo 2011.
- UNE-EN 13460, (2009). Terminología de mantenimiento. Aenor, Diciembre 2009.
- UNE-EN 15341, (2007). Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. Aenor, Septiembre 2008.
- UNE-EN 200001-3-11, (2003). Gestión de la confiabilidad: Parte 3-11: Guía de aplicación Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Aenor, Octubre 2003.
- UNE-EN 20464, (2002). Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 20654-4, (2002). Guía de mantenibilidad de equipos: Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 60706-2, (2006). Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo. Aenor, Mayo 2009.
- Veldman, J., Klingenberg, W. and Wortmann, H. (2011). Managing condition-based maintenance technology. A multiple case study in the process industry. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Vol. 17 No. 1, 201. pp. 40-62.
- Wakefield, C. (1985). Quality assurance in maintenance - En: The South African Mechanical Engineer. Vol 35- USA - March . 1985.
- Wiig, K.M., (1997). "Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management, Long Range Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.
- Xiomara, P. (2009). La gestión del conocimiento y las Tics en el siglo XXI. CONHISREMI, Revista Universitaria de Investigación y Diálogo Académico, Vol. 5, No. 1.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III:
EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



INDICE
ANEXOS
Capítulo VII
Capítulo VI
Capítulo V
Capítulo IV
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo II
Capítulo I



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

3.2. Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos al conocimiento.



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo VI	Capítulo IV
Capítulo V	Capítulo V
Capítulo IV	Capítulo VI
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS	Capítulo VII
Capítulo II	
Capítulo I	



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III:
EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos al conocimiento.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de
Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail:
fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: En este artículo, se pretende analizar la situación actual de los procesos ligados al conocimiento y, en concreto, los referidos a la experiencia, que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, en lo referente a la fiabilidad y disponibilidad. Al abordar el estado de la cuestión, se comenzará con la revisión de la naturaleza del mantenimiento industrial, para lo que, después de un breve análisis de la evolución del mantenimiento, se fijarán los elementos básicos que definen su naturaleza. De ahí, se extraerán algunas conjeturas sobre las carencias observables, dentro del mantenimiento industrial, en relación con el conocimiento y su transmisión. Se analizará, consiguientemente, el papel que ese conocimiento lleva a cabo en los sistemas de mantenimiento, que es tanto como preguntarse por los objetivos básicos, estructura y estrategias de mantenimiento y la función que en esos sistemas desempeñan, actualmente, los procesos relativos al conocimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento, Proceso del fallo, Disponibilidad operativa.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

Que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas (Sharma et al., 2011; Veldman et al., 2011; Garg et al., 2006; Muller et al., 2008; Hui et al., 2004; Rey, 2001; Souris, 1992; Dixon, 2001), es ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o como un “coste económico” a asumir por los órganos de dirección.

Las estrategias y tecnologías de mantenimiento ofrecen recursos que contribuyen a lograr determinados niveles de confiabilidad de los activos (Modarres, 2006; Goel et al., 2003), pero no pueden hacer realidad la decisión y el compromiso de ser consecuentes con ellas en la actuación cotidiana. Tal resolución pertenece a la dirección de las organizaciones (Gómez-Senent, 1997) y a los que tienen el privilegio de la sabiduría de conducir, por el camino adecuado, al capital humano. El hecho trascendental y definitivo esta dado, una vez más, por el liderazgo que sea capaz de generarse en la organización (Sexto, 2005).

Sin embargo, debidamente analizado y marcada su posición estratégica, toma posiciones de gran relevancia, que inciden de manera sustancial, en todas las decisiones de la empresa y su adecuada eficiencia en la producción o explotación y por ello en su visión económica (Crespo, 2004; Boucly, 1998; Navarro, 1997).

En este artículo se pretende analizar los procesos ligados al conocimiento y, en concreto, los referidos a la experiencia, que interesa contemplar en relación con los aspectos estratégicos del mantenimiento industrial, en lo referente a la fiabilidad y disponibilidad, elementos que configuran la naturaleza del mantenimiento industrial, a partir de una conceptualización operativa generalmente aceptada.

Se comenzará con la revisión de la naturaleza del mantenimiento industrial, para lo que, después de un breve análisis de la evolución del mantenimiento, se fijarán los elementos básicos que definen su naturaleza. De ahí, se extraerán algunas conjeturas sobre las carencias observables, dentro del mantenimiento industrial, en relación con el conocimiento y su transmisión. Se analizará, consiguientemente, el papel que ese conocimiento lleva a cabo en los sistemas de mantenimiento, que es tanto como preguntarse por los objetivos básicos, estructura y estrategias de mantenimiento y la función que en esos sistemas desempeñan, actualmente, los procesos relativos al conocimiento.

2. La operativa del mantenimiento industrial.

Una tal definición operativa de Mantenimiento Industrial podría ser el conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente.

Pueden extraerse de esta definición los siguientes elementos:

- Estado requerido.
- Exigencias de disponibilidad o conservación de ese estado.
- Conjunto de técnicas y procedimientos orientados a esa conservación.
- Actividad de reemplazo, reparación o modificación de unidades, componentes, conjuntos, equipos o sistemas de una planta industrial.

Se observa, cómo ya en la misma naturaleza del mantenimiento aparecen elementos ligados al conocimiento, ya que la técnica puede ser definida como la forma o manera de realizar una actividad, implicando, en consecuencia, la presencia de capital intelectual incorporado o no a los activos industriales o al personal. La especial acción o actividad del mantenimiento exige técnicas o

conocimientos muy específicos y contingentes, de alto valor estratégico, que implican complejidad y elevados esfuerzos en su registro, transmisión y aplicación.

En cuanto a la expresión de su meta: la consecución de requerimientos de disponibilidad en equipos e instalaciones, implica la ubicación de las actividades de mantenimiento en escenarios de elevada contingencia e incertidumbre, dónde contenidos informativos muy dinámicos, perecederos y específicos, y sus procedimientos de aplicación, se revelan como imprescindibles para una marcha eficiente de la planta. En otro caso, el mantenimiento de la planta debería responder de elevados costes de intervención, basados en una búsqueda repetitiva e inconsistente de información en las fases de detección, diagnóstico, prevención y reparación del fallo.

También la investigación e identificación del estado requerido es función del conocimiento, en especial, como se ha mencionado, cuando éste depende de tantas circunstancias y variables.

Por último, la actividad de mantenimiento requiere conocimientos muy específicos y variados; destacando el de diferentes y, en muchas ocasiones, novedosas tecnologías. Su optimización es compleja y la toma de decisiones se desenvuelve en un ambiente de incertidumbre.

En este artículo, de entre los barajados, se han considerado elementos esenciales del mantenimiento industrial los siguientes:

- El proceso de fallo.
- La cadena de fallo.
- La incertidumbre.
- La experimentalidad y el modelado de sistemas.
- La disponibilidad.
- La incidencia del factor humano.

Antes de pasar a analizar, con mayor detenimiento, cada uno de estos elementos, parece útil, como complemento del presente apartado, comprobar, en el siguiente, cómo no sólo en la actualidad, sino a lo largo de su evolución histórica, el mantenimiento ha precisado de factores y aspectos ligados a la experiencia y al conocimiento en general, como algo propio y necesario para su consecución efectiva.

3. Evolución histórica.

De forma muy sucinta, se realiza a continuación una breve reseña de la evolución del mantenimiento, a efectos de determinar la línea básica de esa evolución, extrayendo los elementos comunes a la misma y certificando la necesidad perentoria de procesos ligados al conocimiento, como algo imprescindible y valioso de la actividad de mantenimiento.

Aunque el origen del mantenimiento es, sin duda, tan antiguo como las primeras máquinas que utilizó el hombre, el mantenimiento industrial tal como lo entendemos, hizo su aparición, como actividad sistemáticamente organizada, en los albores del siglo XX. Tuvieron lugar, al parecer, los primeros casos conocidos, en fundiciones de Estados Unidos, y en el sector militar: en aviones y submarinos durante la Primera Guerra Mundial. En 1920, el mantenimiento mecánico ya se practicaba en plantas industriales, actividades de transporte, etc. De 1928 a 1930, aparecen las primeras empresas consultoras en este ámbito. No es casual que en fecha tan temprana aparezcan asesores cuyo producto es un servicio basado en su experiencia y conocimientos.

Con posterioridad a esta etapa inicial, el mantenimiento, como otros campos de la Organización Industrial, experimentan un notable desarrollo durante la Segunda Guerra Mundial y en la posguerra, en diferentes aplicaciones de interés militar. Se desarrollan programas de mantenimiento preventivo



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

consistentes en inspeccionar el avión antes de cada vuelo, comprobando su estado y reemplazando componentes después de un cierto número de horas de funcionamiento (técnica, también empleada en la actualidad, conocida como "hard time"). Se revelan, así, los conocimientos sobre el estado de los equipos y la rentabilidad del reemplazo, como algo básico para proceder eficientemente a la conservación de los mismos.

A partir de 1945, se utiliza la redundancia de componentes en el diseño, reduciendo la "criticidad del fallo". También se formalizan técnicas de ensayo y medidas físicas, con el fin de conocer la probabilidad de fallo de cada componente. Comienza a "protocolizarse" la actividad de mantenimiento en lo relativo a pruebas y ensayos, con lo que se obtiene una información registrada y formalizada, objeto, por tanto, de conocimiento explícito. La medición introduce el método científico riguroso encaminado al conocimiento del elemento más valioso y sustancial del objeto del mantenimiento: el fallo y sus características.

A finales de la década de los 60, comienza la aplicación sistemática de las técnicas de fiabilidad, permitiendo la predicción de los costes derivados de los fallos y el cálculo de la rentabilidad de la actividad de mantenimiento. Aun así, el comportamiento de determinados componentes no presentaba fácil predicción, escapándose de los modelos al uso; algo que aún hoy perdura, ya que se pasa, del modelo clásico de curva de tasa de fallo en forma de bañera, a seis modelos diferentes en el RCM y la investigación continúa tratando de modelar aquellos comportamientos que no se adaptan suficientemente a los esquemas planteados. El conocimiento sobre el comportamiento del fallo, a lo largo del ciclo de vida de los equipos, se revela como complejo y específico y es de esperar que, en adelante, se planteen modelos multidisciplinarios que aborden la relación causa-efecto del fallo en toda su complejidad, esto es, entendiendo la máquina o el equipo como un todo.

Además de la atención al análisis y estudio de las causas y efectos de las incidencias de los equipos industriales, objeto básico del mantenimiento, también su gestión fue ya desde el comienzo de la década de los 60 elemento de estudio y análisis. Así desde el comienzo de los años 60, se destaca la utilidad de disponer de estadísticas históricas de averías para el análisis y planificación del mantenimiento (Greer, 1960; Hanks, 1961), así como la descripción de diversos métodos de optimización de políticas de mantenimiento (Barlow et al., 1960). En esa línea, pero fijando como objetivo el aumento de productividad, Darnell y Bert en 1978, publican una contribución en la que abogan por el mantenimiento programado como medio de aumentar la productividad (Darnell, 1978). Christer, en 1981 y Boland y Proscan en 1982, insisten en la misma línea, destacando la incidencia sobre la productividad de una actitud activa y programada en mantenimiento, en contraposición con actitudes pasivas e incontroladas (Christer, 1981; Boland et al., 1982).

La información ya de por sí compleja y específica, en el análisis de causas, se hace ahora desbordante por causa de los múltiples aspectos de interés y su relación. El tratamiento de la información exige técnicas informáticas y de Investigación Operativa depuradas que den sentido a esa información, la orienten a las metas propuestas en la planificación y dirijan su uso a la optimización de la actividad de mantenimiento.

Aunque es a finales de la década de los 60 cuando las asociaciones de mantenimiento impulsaron los estudios, correspondientes a esta disciplina, especialmente en Inglaterra (British Standards, 1964), es en los 70 cuando aparecen claramente dos líneas de análisis que configuran dos Escuelas de pensamiento acerca del Mantenimiento.

Una línea de análisis, la Escuela Soviética, contempla los parámetros del mantenimiento de máquinas desde un punto de vista constructivo y biológico, introduciendo conceptos de salud y envejecimiento. Artobolevski y Gorvachkin destacan la relación de los parámetros de estado en el diseño de máquinas; haciendo éste último referencia, en sus análisis, al modelado del desgaste de la máquina, e incorporando

al diseño especificaciones orientadas a la facilidad con que se efectúe la reparación. De destacar también son los trabajos de Artemieb y Raiman sobre obtención y análisis de datos en el proceso de desgaste de los tractores. Finalmente, Selivanov introdujo en 1972 la noción de utilidad como una variable o característica objetivo del servicio de las máquinas.

Por otro lado, la escuela occidental contempla, dentro del estudio del mantenimiento, los conceptos económicos básicos de la Teoría Económica de la Firma, para determinar la rentabilidad de la reparación, y en consecuencia la fijación de políticas de mantenimiento, en relación, por ejemplo, con la renovación de la maquinaria. A este enfoque que puede ser calificado como clásico, a partir de 1975 se introduce el de la terotecnología, que contempla el estudio del coste del ciclo de vida (LCC o "life cycle costing"), como necesario a la hora de concluir estrategias de inversión, operación y eliminación en mantenimiento (Kelly et al., 1975).

Ambos enfoques se integran modernamente en un enfoque de sistemas en que la conservación no puede deslindarse del diseño y la logística a lo largo de la vida del equipo y la planta (figuras 1 y 2) se presentan dos esquemas que recogen la evolución de los sistemas o tecnologías organizativas de mantenimiento). Los conocimientos en este campo se interrelacionan con el resto de información y experiencia de los procesos de producción y distribución. El conocimiento integrado toma carta de valor y aparece como imprescindible, si lo que se busca son objetivos de sostenibilidad y productividad compartidas en los proyectos industriales.

También la actividad de mantenimiento se ha contemplado desde un punto de vista macroeconómico o sectorial, así, en 1970, el Ministerio de Tecnología del Reino Unido publica un informe sobre la incidencia del mantenimiento en la economía nacional e incluso, con posterioridad, en 1977, presenta previsiones para el final de la década (Buttery,1.978). Las previsiones auguraban un notable incremento de la actividad de mantenimiento y paralelamente un aumento de costes, acorde con los datos procedentes de la economía americana, en el sentido de que las plantas más modernas tienen un mantenimiento más caro. Este informe del partido laborista británico acerca de la situación en la industria, contemplaba ya la actividad de mantenimiento separada de la de producción.

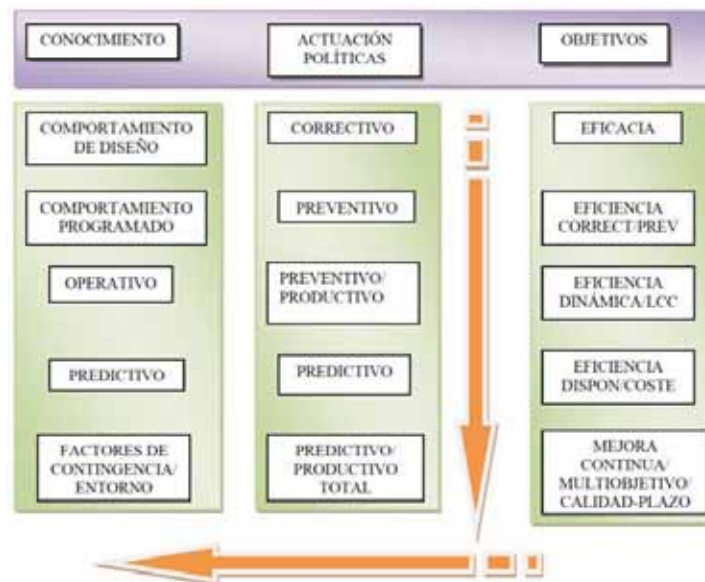


Figura 1. Esquema general de la evolución del mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Este enfoque sistémico se recoge en el documento “Maintenance Steering Group”, también conocido como MSG-2, fruto de las deliberaciones de un comité impulsado por Boeing y Pratt and Whitney. En él se identificaban los sistemas del avión; dentro de ellos, subsistemas, y así hasta llegar a las unidades críticas, empleando criterios de seguridad o economía. A partir de las unidades críticas se definían las funciones individuales para cada una de ellas. Finalmente, para cada función, se especificaban los posibles modos de fallo y a partir de ellos se establecían las políticas de mantenimiento.



Figura 2. Tecnologías organizativas del mantenimiento y sus enfoques. Fuente: Elaboración propia.

Con la explosión de las nuevas tecnologías de la información, el tratamiento del conocimiento en general, y en concreto el obtenido en la planta industrial, ha cobrado una nueva dimensión, apareciendo como el activo más valioso en escenarios futuros (Crespo et al. 2006; López et al., 2010; Jung et al., 2009; Muller et al., 2008).

Los efectos de la automatización están posibilitando una monitorización en tiempo real del mantenimiento (Reiner, 2005). Así por ejemplo, determinados sistemas, como algunas aeronaves, incorporan ya monitorizaciones de estado que analizan los datos de las unidades en servicio y especifican las acciones a tomar. Son previsible fuertes sinergias en el uso combinado de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y las tecnologías propias del mantenimiento (predictivo, autodiagnóstico, mantenimiento a distancia, sistemas de mantenimiento a través de internet, etc.).

Es especialmente a partir de la década de los años 70, 80 y 90 del siglo XX, cuando se intensifica la utilización de estrategias organizativas de mantenimiento, aunque normalmente en el entorno de grandes empresas, como el basado en la fiabilidad (RCM) (Moubray, 1991; Smith, 1992; Geraghty, 1996), el mantenimiento productivo total (TPM) (Nakajima, 1988, 1989), el mantenimiento efectivo (Conde, 1999), (Cárcel, 2010), proactivo (Oiltech, 1995; Pirret, 1999), reactivo (Idhammar, 1997; Mora, 1999), de clase mundial WCM (Hiatt, 1999), mantenimiento centrado en el riesgo (Serratella, 2007), así como otros muchos modelos teóricos. Hay que tener en cuenta, el nivel estratégico de dicha actividad, con gran dependencia sobre las áreas de producción o servicios (Crespo et al., 2009), así como el estudio profundo

de fiabilidad de todos los componentes intervinientes (Turan et al., 2011; Zaphiropoulos et al., 2007; Lazakis et al., 2010). En la figura 2.1 se observan las tendencias en la gestión de los servicios de mantenimientos en los que se observa la necesidad de mayor incidencia de la información y el conocimiento para una práctica eficiente y económica de dicho servicio.

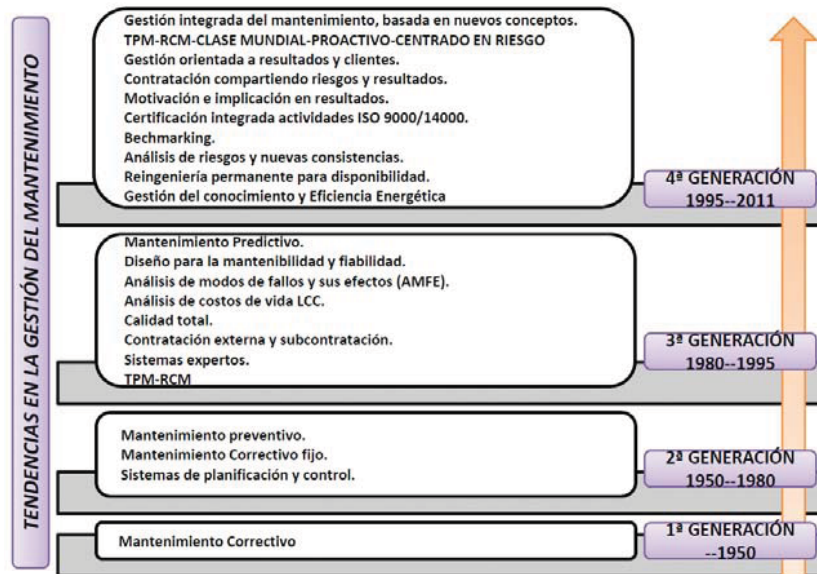


Figura 2.1. Tendencias en la gestión del mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que no todas las empresas evolucionan históricamente al pasar por cada una de las tácticas en forma secuencial, simplemente adoptan una propia que reúne las mejores prácticas de varias de ellas, para recalcar que el *TPM* es la más básica de todas.

Como ya se ha adelantado, una vez comprobado cómo, a lo largo de la historia y evolución del mantenimiento industrial, se perfilan los elementos esenciales del mismo, se pasa a continuación a su análisis en relación con el conocimiento.

4. Los aspectos estratégicos del mantenimiento en relación al conocimiento.

4.1. El proceso de fallo.

En principio, y a los efectos de la función de mantenimiento industrial, fallo, en el sentido que se le asigna habitualmente, significa que un componente o un sistema no satisface o no funciona de acuerdo con la especificación (Bejar, 1974; Beltrán, 1987). Queda por tanto claro, que fallo no equivale necesariamente a parada, interrupción del funcionamiento del equipo, o no-desempeño absoluto de la función. Cualquier incidencia relativa al estado físico del equipo, que conlleva el incumplimiento de las especificaciones que debe cumplir en relación con la función, puede ser señalada como fallo.

En el estudio del proceso del fallo se relaciona los aspectos de confiabilidad y calidad en el servicio prestado por mantenimiento (IEE Std 493, 2007; Koval et al., 2003; Wang et al., 2004; Yañez et al., 2003, Cacique, 2007; Baeza et al., 2003), y se hace posible establecer nuevos indicadores que permitan



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

estimar el nivel de seguridad de dichos sistemas, en los cuales se describa el impacto sobre la infraestructura y los riesgos asociados (McGranaghan, 2007, Sexto, 2005).

En este sentido, fallo parece asociarse a un estado del equipo o sistema que le impide cumplir con lo que se le requiere. Pero de la misma definición operativa parece desprenderse que más que de un estado único, se trata de una sucesión de estados o proceso que desemboca en una anomalía (o estado anómalo) relativa al incumplimiento de las especificaciones de funcionamiento. Lo relevante a todos los efectos es el proceso más que el estado o estados finales anómalos, ya que aquel explica las causas u orígenes, la evolución, las manifestaciones y efectos consiguientes. El mecanismo causa-efecto es el que se sitúa en la esencia del mantenimiento.

Según la definición operativa anterior, un fallo es una desviación de una condición original de un equipo o sistema, cuyo funcionamiento pasa a ser catalogado como insatisfactorio para un utilizador concreto. La determinación de que el funcionamiento es insatisfactorio depende de la evaluación previa que se realice de las consecuencias del fallo en un contexto operativo determinado (Beltrán, 1989), ya que esas consecuencias son las que fijan la prioridad de las actividades de mantenimiento o mejoras de diseño necesarias para impedir el fallo (Ramos et al., 2007; Vázquez et al., 2007; Gómez de León, 1998). Así, se implementan acciones que reducen el riesgo de fallo, a un coste menor que el derivado de las consecuencias (de seguridad, medioambientales, operacionales, etc.) o efectos que evitan.

En relación con el proceso de fallo, es interesante considerar el modelo que lo define en los siguientes términos: el resultado de la acción entre una tensión ocasionada por el entorno y la resistencia al fallo (que varía con el tipo de material, las características de los procesos de fabricación, la edad, etc.) del equipo o sistema. La tensión y la resistencia son variables dinámicas y su interacción define el estado de fallo en cada momento. En la figura 3 se representan algunos casos.

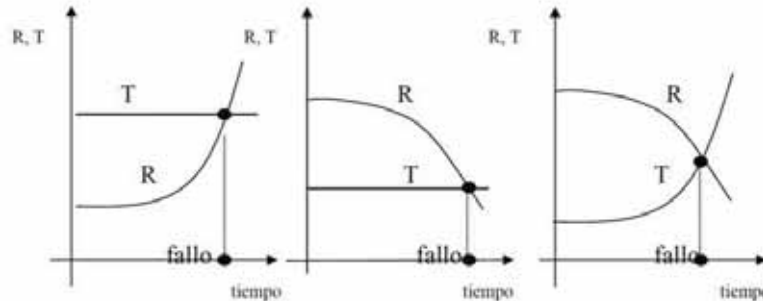


Figura 3. Algunos casos de fallos según la tensión (T) y resistencia (R) al fallo. Fuente: Elaboración propia.

Este modelo entiende que existe una aptitud o capacidad del equipo o sistema ante el fallo; y unas causas externas o internas cuya acción se representa por una tensión que supera la resistencia. El diseño, los tratamientos térmicos o de otra índole, el rediseño o la mejora, la eliminación de causas o su apantallamiento, etc., pueden mejorar la resistencia. Existe la posibilidad de diseñar equipos tolerantes al fallo, que pueden soportar un funcionamiento más allá del punto en que la tensión supera la resistencia.

La aceptación de este modelo conlleva, a los efectos de definir un sistema de conocimiento que soporte la actividad de mantenimiento industrial, la captación de información útil sobre los factores de contingencia que actúan o pueden actuar sobre equipos y sistemas, y sobre las variables y parámetros que definen y determinan la capacidad de resistencia y tolerancia al fallo. Esta información es una buena herramienta para entender los modos y procesos de fallo, pero es de difícil y costosa captación, con lo que se hace preciso configurar procesos de recogida, almacenamiento y tratamiento de la información eficientes.

En la figura 4, se representa un proceso de fallo típico, tal y como se plantea en cualquier instalación industrial. Se entiende que un proceso de fallo es un proceso estocástico, representado por diversos estados por los que puede pasar el equipo o sistema, cada uno de ellos con una probabilidad determinada. En la figura se recoge, por tanto, el proceso, que comprende un estado inicial de correcto funcionamiento E_i , otro final de pérdida de función E_f y varios intermedios que representan los diversos estados de pérdida, deterioro o degradación de la función requerida E_{d1} , E_{d2} ,... E_{dn} . De un estado al siguiente, se puede pasar con una probabilidad cuya función de densidad de parámetro λ , o al anterior, con μ .

En relación con el proceso de fallo o su modo de desarrollo y forma de aparición, los fallos pueden ser clasificados de muy diversas formas, así por ejemplo, se pueden clasificar en catastróficos (se trata de fallos súbitos o totales, sin manifestación previa y se relacionan con fracturas, deformaciones, agarramientos, etc.), y progresivos (fallos paramétricos, que se desarrollan a lo largo de un periodo de tiempo). También se pueden clasificar en dependientes e independientes, repentinos y progresivos, estables o temporales (sus causas suelen ser los regímenes y condiciones de trabajo y las vibraciones anormales, grandes desviaciones de temperatura, etc.).

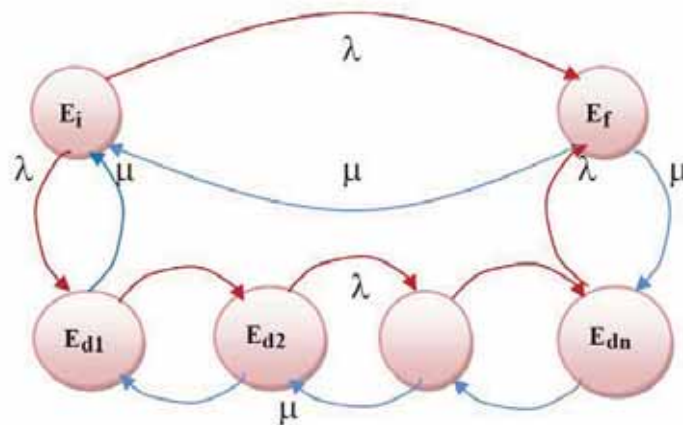


Figura 4. Representación del proceso de fallo. Fuente: Elaboración propia.

Se denominan *alternantes* ó *intermitentes* a los temporales muy reiterativos (que se repiten con mucha frecuencia). Resultan difíciles de descubrir y dependen de la calidad del elemento o de sus condiciones de trabajo. La existencia de fallos *repetidos* puede indicar un defecto de diseño o mal estado del equipo; por ello, más interesante que someterle a reparación sería el tratar de eliminar la posible causa del fallo.

Como puede comprobarse, esta somera clasificación permite señalar la importancia que tiene la forma de aparición o manifestación del fallo en el posible diagnóstico, ya que esta componente temporal y estocástica del fallo delata muchas veces la causa o el modo de fallo y debe ser recogida como información relevante. Muestra cómo la observación, a veces relegada por las tecnologías al uso, cumple una función valiosa en mantenimiento industrial.

Así, cuando un fallo sucede, lo primero que se aprecia son sus manifestaciones, las que, analizadas convenientemente, pueden llegar a proporcionar la explicación del "modo de fallo", el cómo ha ocurrido el fallo (Bejar, 1974). Un paso más adelante representa el llegar al por qué, a la causa del fallo, a lo que se conoce como "mecánica de fallo" (Herrera et al., 1990). El proceso del fallo conlleva un determinado



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

tiempo durante el cual se producen señales, síntomas o alteraciones, que detectadas y analizadas permiten conocer la evolución y el estado de adelanto del mismo, y el riesgo o proximidad de aparición (Delgado et al. 1994).

Un problema singular, en relación al fallo, tiene lugar cuando se observan tan pocos fallos en determinados sistemas, que resulta difícil ó incluso imposible establecer su probabilidad de aparición a partir de la observación estadística. Por tanto, se tiene que recurrir, para averiguar la probabilidad de aparición, a un procedimiento analítico. Éste se basa en la descomposición del fallo del sistema en los fallos de sus componentes, para los cuales se dispone de datos observados. La observación en el ámbito de componentes es posible puesto que se utiliza la misma clase de componentes en muchos sistemas, lo cual implica un número elevado de objetos de observación, y además los componentes suelen fallar más frecuentemente que los sistemas en los cuales se utilizan.

En cualquier caso, tanto la observación, como la determinación mediante esquemas formales y el consiguiente análisis del proceso de fallo, deben tratar de dar solución a los tres problemas clásicos y fundamentales: a) origen del fallo; b) solución del fallo y c) prevención del fallo.

En relación con el primero: el conocimiento del origen del fallo, debe determinarse la cadena de fallo, presentada en este artículo como el segundo de los elementos esenciales del fallo y que se analiza en el apartado siguiente.

4.2. La cadena de fallo

Se define la cadena de fallo como el conjunto secuenciado de causas y efectos que se presentan en un proceso de fallo. El esquema viene reflejado en la figura 5.

En ella, puede observarse que los factores de contingencia o condicionantes explican la aparición de las causas últimas. Ambos (factores y causas) pueden confundirse, por lo que se señalarán los factores de contingencia (producto a procesar, alimentación de los equipos y máquinas, otros equipos o instalaciones conectadas, ambiente externo, etc.) como aquellos relativos al entorno del elemento, conjunto, máquina o equipo o sistema objeto, mientras que las causas se referirán a aspectos o elementos internos estructurales o funcionales.

Las causas primeras originan o promueven otras causas intermedias hasta llegar a las inmediatas al fallo, que normalmente son observables directamente. La relación entre las causas inmediatas y el fallo suele ser muy directa, con lo que a veces parece completar el análisis causa-efecto, sin proceder al descubrimiento de las causas últimas o factores condicionantes, objetivos finales del diagnóstico definitivo y concluyente del fallo.

Tampoco la cadena del fallo se detiene en la identificación del fallo, sino que es preciso considerar, aguas abajo, los efectos o consecuencias del fallo (económicas, de seguridad, laborales, medioambientales o de sostenibilidad, catastróficas, de imagen, sociales, etc.).

Cualquier elemento de la cadena de fallo es observable e identificable a través de unos síntomas o manifestaciones diversas (vibración, ruido o zumbido, olor, calor o frío, aumento o disminución de la visibilidad, humo, humedad, polvo, abrasión o corrosión, desgaste, rotura, desprendimiento, etc.). Estos síntomas son claves a la hora de identificar la cadena.

El proceso y la cadena de fallo permiten la detección y el diagnóstico del fallo; procesos que, a su vez, permiten obtener el conocimiento necesario sobre el fallo, para proceder a su solución a través de la actuación de mantenimiento.

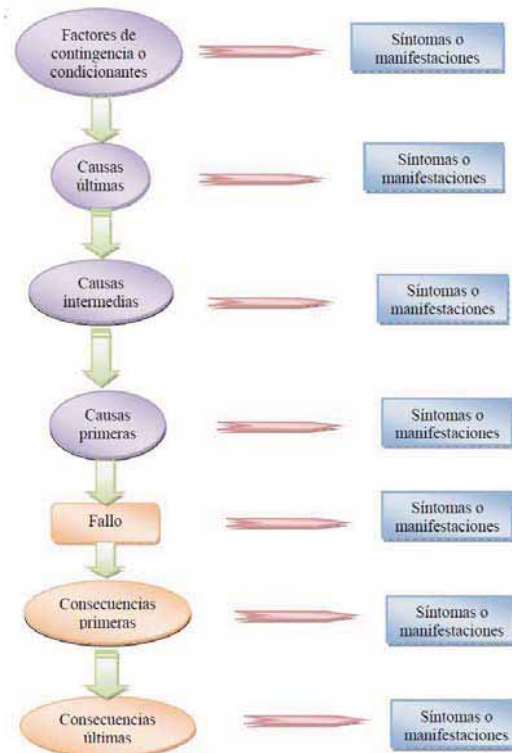


Figura 5. Cadena de fallo. Fuente: Elaboración propia.

Se han considerado como fases del proceso de detección las siguientes: observación de síntomas y manifestaciones, identificación, detección, delimitación y descripción.

En la fase de observación de los síntomas y manifestaciones del fallo se trata de percibir información, a través de la observación sensorial directa, de la experiencia, de los conocimientos teóricos previos, de la información registrada, y de la medición o verificación a través de pruebas y ensayos. El análisis de esa información permite la identificación previa y con cierta inmediatez del fallo. Se perciben ya algunos accidentes del fallo; como, por ejemplo, lugar, posición o elemento que soporta el fallo.

En la fase de detección se obtienen comprobaciones pertinentes y contrastables sobre el fallo, que se completan en las dos fases siguientes: en la de delimitación se determinan básicamente los límites en el cumplimiento de la especificación y el proceso de fallo, en la de descripción se investigan las circunstancias del fallo (qué, dónde, cuándo, etc.).

4.3. La incertidumbre.

Como es sabido, la incertidumbre sobre el adecuado comportamiento de un equipo o sistema durante su ciclo de vida puede originarse en cualquier etapa. En general, puede afirmarse que dicha incertidumbre aumenta hasta las últimas etapas del ciclo, donde ya los factores que inciden sobre la incertidumbre se estabilizan, y el control y la predicción parten de experiencias y conocimiento base contrastado. Algunas de las fuentes de incertidumbre más comunes quedan reflejadas en la figura 6 Pueden clasificarse esas fuentes de incertidumbre en los siguientes grupos:

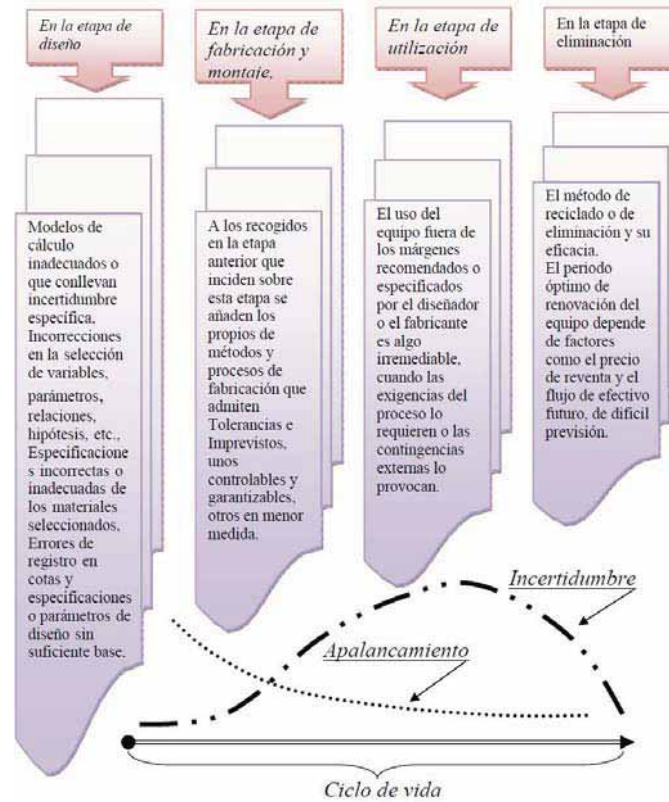


Figura 6. Fuentes de incertidumbre. Fuente: Elaboración propia.

- Incertidumbre Fenomenológica.
- Incertidumbre de Determinación.
- Incertidumbre de los Planteamientos
- Incertidumbre de la Actividad.

4.3.1. Incertidumbre fenomenológica.

Como se ha establecido en las introducciones al proceso de fallo (de naturaleza estocástica) y a la cadena de fallo (elevado número de causas y efectos, frecuentemente interrelacionadas con varios modos de fallo), el fenómeno de fallo suele implicar la existencia de diversas y variadas causas, poco e insuficientemente conocidas, constituyendo así un término de error (término aleatorio o residuos) en los modelos comprensivos del comportamiento al fallo de equipos, instalaciones o sistemas.

De hecho, la existencia de incertidumbre tiene origen en la insuficiencia e incompletitud del conocimiento sobre el fenómeno físico que tiene lugar y el comportamiento derivado del sistema. Señala la incapacidad por comprender e interpretar, a un nivel requerido, ese fenómeno.

La naturaleza aleatoria del fallo, en general, parece incuestionable. Si existe algún fenómeno que se produce en el ambiente de la planta industrial, que puede certificarse como estocástico, es por excelencia el del fallo.

Desde un punto de vista filosófico, parece que el origen último del fallo de sistemas físicos se puede asociar con una decisión o acción humanas. Desde el operativo, también es preciso señalar la

intervención relevante del factor humano en la explicación del fallo físico, añadiendo, sin duda, así, nuevas dosis de incertidumbre al tratarse de un sistema mucho más complejo, imprevisible y, en definitiva, con un comportamiento menos regular que la máquina.

Además de las causas humanas, es preciso hacer mención de las causas naturales, imprevistos y catástrofes de diversa y variada índole, que se encuentran con frecuencia formando parte de la cadena de fallo. En su propia esencia llevan implícito la imprevisibilidad y dificultad de comprensión y evaluación y, por tanto, su carácter eminentemente aleatorio. En general, puede afirmarse que los estados límite, que se presentan en los estadios últimos del proceso de fallo, suelen conducir a explicaciones o modelos estocásticos.

4.3.2. Incertidumbre de determinación.

Se ha abundado también en las elevadas dosis de incertidumbre que se dan en la definición o determinación del fallo, dado que se trata de una decisión con evidentes aspectos discrecionales, sometidos a avatares operacionales o de interés para la toma de decisiones. Dada la dificultad existente para determinar unívocamente, en cada caso, lo que procede definir como fallo, se acude a buscar o solicitar características que entronquen con ventajas operacionales (facilidad de descripción, aspectos observables directamente, etc.) u orientadas a la toma de decisiones, aspectos ambos con indudables dosis de aleatoriedad y discrecionalidad.

Además, el establecimiento de los umbrales de fallo es algo intrínsecamente voluntario y dependiente de las variables de negocio, alejado, por tanto, de consideraciones absolutamente científicas o modelables.

La evaluación y valoración de la existencia y evolución del fallo son considerablemente volátiles, discrecionales y dependen de consideraciones basadas en una experiencia y conocimientos incompletos, fraccionados y de difícil aprehensión. Esta incapacidad por comprender la totalidad de lo que ocurre o puede llegar a ocurrir conduce a planteamientos de tipo aleatorio.

4.3.3. Incertidumbre de los planteamientos.

A partir de los hechos anteriores: carácter aleatorio del fenómeno y la determinación del fallo, lógicamente se derivan planteamientos que conducen a modelos (delimitación o simplificación de la realidad) de carácter aleatorio.

Los modelos de fiabilidad representan simplificaciones importantes, pero necesarias, que derivan en elevados niveles de incertidumbre, en el ámbito de las variables y sus relaciones..

4.3.4. Incertidumbre en la actividad.

La actividad de mantenimiento: detección, diagnóstico y reparación en actuaciones de carácter correctivo, preventivo o predictivo, está sometida a contingencias diversas, se produce en escenarios complejos y diferentes y no es fácil que se presenten regularidades que puedan conducir a una actividad fácilmente planificable y controlable.

En definitiva, parece poder establecerse sin dificultad que la incertidumbre es una de las características esenciales del mantenimiento, que hacen de éste una de las funciones o actividades de la planta industrial más complejas y difíciles de conocer. Efectivamente, esa incertidumbre no deja de ser una medida de la imperfección del conocimiento sobre este sujeto. La cuestión no parece ser tanto la eliminación de la varianza no explicada, como la de encontrar el nivel óptimo de esa varianza, ya que los procesos de generación y aplicación de conocimientos implican costes que deben ser considerados.

4.4. Experimentalidad y modelado de sistemas.

Se trata del cuarto aspecto esencial del fallo que se ha considerado. De lo determinado con anterioridad: la existencia de elevados niveles de incertidumbre en lo relativo al proceso y a la cadena del fallo, se



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

puede inducir sin dificultad la necesidad de un enfoque complementario al exclusivamente científico y que es el experimental. Modelos teóricos y experimentales se complementan para tratar de ofrecer conocimiento válido, en un campo en el que, como se ha señalado, abundan los imprevistos y la complejidad de las relaciones causa-efecto (Weber et al. 2006; Yongli et al., 2006; López et al., 2010; Levitin et al., 2003)

La experiencia derivada de la observación y del ensayo constituye un pilar básico del sistema de generación, transmisión, conservación y aplicación del conocimiento. El experimento, aún con bases científicas, suele ser desarrollado en la planta, toda vez que los modos de fallo contienen características diferenciales, difícilmente reproducibles en laboratorio. Además, como se ha señalado, es preciso considerar los costes derivados del análisis, lo que en general inclina éste hacia el planteamiento de ensayos en planta. La validez local de los resultados, lo que acota el carácter absolutamente científico del análisis no oculta que en la mayoría de los casos, la complementariedad del análisis estrictamente científico con el experimental, constituye la alternativa de elección en la planta industrial.

Sin embargo, esa localidad o especificidad de los experimentos en relación con el fallo, sus causas y consecuencias, no puede ocultar que el equipo, máquina o instalación están integrados con otros muchos (Figura 7), en un sistema o proceso de producción-distribución. De forma similar, las piezas, componentes o conjuntos están integrados, constituyendo los equipos y no es fácil aislar su comportamiento del de otras partes vecinas, con las que comparten objetivos, esquemas y ligaduras en el funcionamiento.

Se hace también difícil deslindar y aislar el comportamiento presente del habido en otras fases del ciclo de vida, aunque así se haga en los modelos markovianos y semimarkovianos, con la hipótesis de desmemoria. En general, la aproximación sistémica parece, en consecuencia, la más adecuada a la hora de modelar y especificar el comportamiento de equipos y máquinas, en cuanto al fallo.

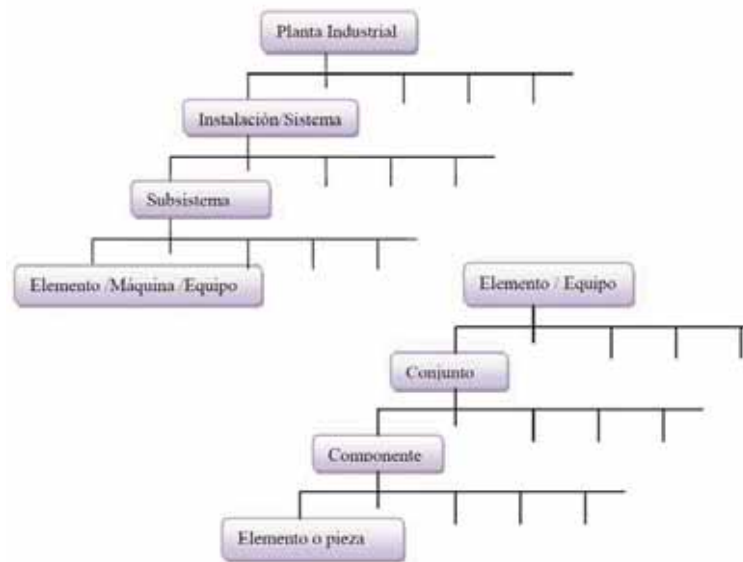


Figura 7. Integración jerarquizada en la planta industrial. Fuente: Elaboración propia.

Es decir, que si la exportabilidad de los modelos experimentales de mantenimiento es limitada, la expansión de esos modelos viene en cambio de la consideración del ámbito del proceso de fabricación y

sus relaciones con las variables de fallo; esto es, de la consideración del modelado de sistemas a partir del diseño y elaboración de experimentos.

Es preciso añadir que, en muchos supuestos, se complementa el planteamiento matemático con el lógico, especialmente en los logigramas y árboles de decisión binaria (Figura 8).

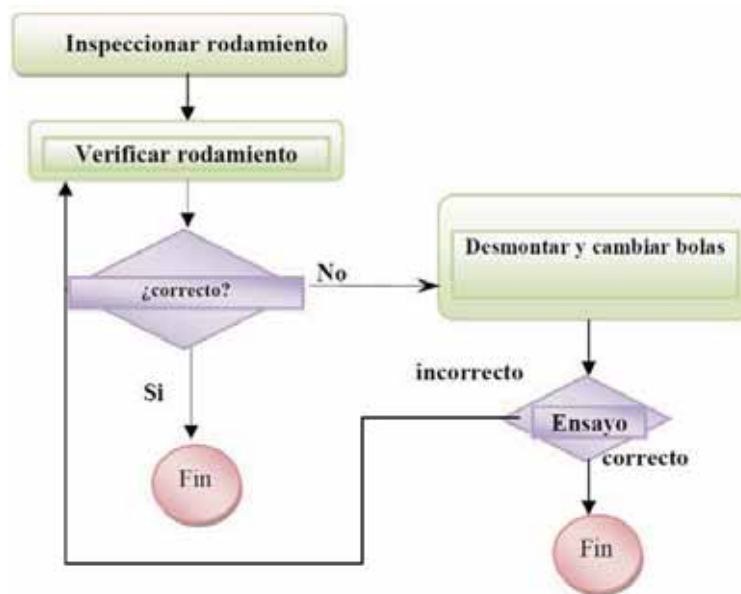


Figura 8. Árbol de decisión binaria. Fuente: Elaboración propia.

4.5. Disponibilidad.

El objetivo básico de un programa de mantenimiento es conseguir la disponibilidad efectiva de la planta. Esto requiere:

- Alcanzar el nivel de disponibilidad requerida en equipos e instalaciones.
- Hacerlo al menor coste posible.
- Incorporar otros objetivos como menor tiempo de actuación o elevada calidad del trabajo realizado.

Para conseguir estos objetivos se hará preciso alcanzar otros como los siguientes:

- Evaluar los requerimientos y capacidades técnicas de los equipos e instalaciones. Esta información influirá en el diseño o selección de los mismos y en la determinación de las condiciones de operación.
- Identificar los factores o causas que impiden al sistema alcanzar los niveles de disponibilidad especificados, entre otros, los insuficientes niveles de fiabilidad de diseño u operativa o de mantenibilidad.
- Proponer acciones eficientes encaminadas a alcanzar los niveles de disponibilidad objetivo.
- Determinar y evaluar las tecnologías y técnicas de detección, diagnóstico, verificación y prueba, y de restauración de las condiciones iniciales, incluyendo los correspondientes procedimientos.
- Seguir y controlar la aplicación correcta de las técnicas y procedimientos, y de la actividad de mantenimiento en general.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Recomendar acciones de mejora continua de la disponibilidad y de sus factores causales.
- Integrar la actividad y función de mantenimiento con el resto de funciones que intervienen en el ciclo de vida del sistema, evaluando su esperanza de vida y, en consecuencia, la rentabilidad a través de la actualización de los flujos de efectivo.

Dado que, como se ha señalado, el objetivo de la actividad de mantenimiento es conseguir de forma eficiente los valores requeridos de disponibilidad, conviene reflexionar sobre el concepto de disponibilidad, los factores clave que influyen en ella y cómo se plantea en la actualidad su conocimiento.

Los organismos europeos de normalización han fijado definiciones similares. De entre ellas, destaca la propuesta por la British Standards Institution (British Standards, 1964) por su sencillez intuitiva:

"Disponibilidad de un ítem en un período determinado es la fracción de dicho período durante la cual es capaz de realizar una función específica a un determinado nivel de rendimiento".

Significando "ítem" todo elemento, equipo o sistema susceptible de ser considerado, examinado y comprobado por separado.

De esta definición han de resaltarse dos aspectos fundamentales. En primer lugar, el estado de "disponible" no implica necesariamente que un ítem esté funcionando en el instante o período considerado, sino que se encuentre en la situación de "apto para funcionar". Además, aunque un ítem se encuentre "funcionando", puede estar no "disponible" sino funciona de acuerdo con las especificaciones requeridas.

Aunque podrían generarse dificultades conceptuales y de captación de la información, la consideración de determinados estados intermedios, desde funcionar adecuadamente a estar averiados (como sería el caso de tener que producir a baja capacidad, o con un consumo energético excesivo, o con alguna deficiencia de calidad), puede mejorar sensiblemente el conocimiento del comportamiento del equipo en base a la experiencia sobre variados escenarios. Esto ha de añadir necesariamente un conocimiento específico valioso sobre los diferentes modos de fallo.

4.5.1. Formalización de la disponibilidad.

A esta aproximación inicial al concepto de disponibilidad y su conocimiento, dada su obvia importancia, conviene añadir aspectos formales que pueden aportar luz sobre nuevos requerimientos de conocimiento. La disponibilidad instantánea $A(t)$ (availability) es la función matemática más adecuada para caracterizar globalmente un sistema complejo de operación continua sujeto a reparación.

Se define matemáticamente la función de disponibilidad instantánea como la probabilidad de que un sistema esté funcionando en el instante t después de su puesta en servicio.

En determinados casos, es posible la obtención de una expresión explícita de $A(t)$; uno de ellos es aquel en que la in fiabilidad $I(t)$ (probabilidad de que ocurra un fallo antes del instante t), y la mantenibilidad $M(t)$ tienen carácter exponencial. Para mayor concisión, se presenta a continuación el proceso de obtención de la disponibilidad en ese caso, a los efectos de extraer algunas conclusiones sobre aspectos relativos a su conocimiento:

Para que el equipo esté disponible en el instante $t+dt$ o está disponible en el instante t y no falla en dt , o bien, habiendo fallado en t , es reparado durante ese intervalo dt . De ello, se deriva la siguiente relación entre disponibilidad, in fiabilidad y mantenibilidad:

$$A(t+dt) = A(t) \cdot [1 - I(t+dt) + I(t)] + [1 - A(t)] \cdot [M(t+dt) - M(t)] \quad (1)$$

Bajo la hipótesis exponencial:

$$I(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{y} \quad M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (2)$$

Se obtiene:

$$A(t+dt) - A(t) = -A(t) \cdot e^{-\lambda t} \cdot [1 - e^{-\lambda t}] + [1 - A(t)] \cdot e^{-\mu t} \cdot [1 - e^{-\mu t}] \quad (3)$$

Desarrollando en serie y en el límite, se obtiene:

$$A(t+dt) - A(t) = -A(t) \cdot \lambda dt + [1 - A(t)] \cdot \mu dt \quad (4)$$

Que al dividir por dt y ordenar queda:

$$A'(t) + (\lambda + \mu) \cdot A(t) = \mu \quad (5)$$

Ecuación diferencial cuya solución es de la forma:

$$A(t) = \mu / (\lambda + \mu) + \lambda / [(\lambda + \mu) \cdot e^{(\lambda + \mu)t}] \quad (6)$$

Esta función se denomina disponibilidad instantánea, entendiéndose por disponibilidad el valor asintótico de esa función $D = \mu / (\lambda + \mu)$.

Como confirmación, es posible probar (Delgado, 1994) que:

$$D = T_F / (T_F + T_A) \quad (7)$$

donde T_F y T_A son los valores medios de las funciones $I(t)$ y $M(t)$, respectivamente (tiempo medio entre averías (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR)).

De la deducción matemática de la disponibilidad se extraen dos conclusiones básicas en la consideración de la experiencia y el conocimiento:

- La necesidad de considerar la fiabilidad y la mantenibilidad (tiempo medio entre averías y tiempo medio de reparación) como relevantes a todos los efectos, dada su relación directa con la disponibilidad. Ambas son de naturaleza y origen distintos y requieren métodos de aproximación y análisis diferentes.
- Los problemas que surgen inherentes a su difícil estimación y medida, y la consiguiente necesidad de algún método de estimación y previsión adecuado.

La precisión y nivel de confianza del conocimiento de los valores λ y μ , parte de la bondad del ajuste de los valores históricos del tiempo medio entre fallos y el tiempo medio de reparación.

Sin entrar todavía en los problemas derivados de la restringida validez del modelo, se abordará en primer lugar el problema de las estimaciones de la disponibilidad y su coste.

Ya se ha mencionado que la medida de la disponibilidad de un determinado suceso “i” se puede definir como:

$$D_i = T_{Fi} / (T_{Fi} + T_{Ai}) \quad (8)$$

Si se consideran n períodos, la disponibilidad total resulta ser:

$$D = \sum T_{Fi} / \sum (T_{Fi} + T_{Ai}) = \sum T_{Fi} / (\sum T_{Fi} + \sum T_{Ai}) = (1/n) \sum T_{Fi} / ((1/n) \sum T_{Fi} + (1/n) \sum T_{Ai}) = MTBF / (MTBF + MTTR) \quad (9)$$

El objetivo básico que pretende la medición o estimación de la disponibilidad es mejorarla. Y la dificultad de utilizar la mencionada fórmula es lo lenta e imprecisa que puede resultar la contabilidad de las frecuencias de funcionamiento y fallo; con lo que puede ser preferible contar con estimaciones que pueden incluso ser más fiables que la propia contabilización (Figura 9). En este caso, los sistemas de



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

simulación pueden constituir una herramienta válida y barata de estimación. La contabilidad queda como un método imprescindible de contraste de las estimaciones en que se basan las políticas de mantenimiento.

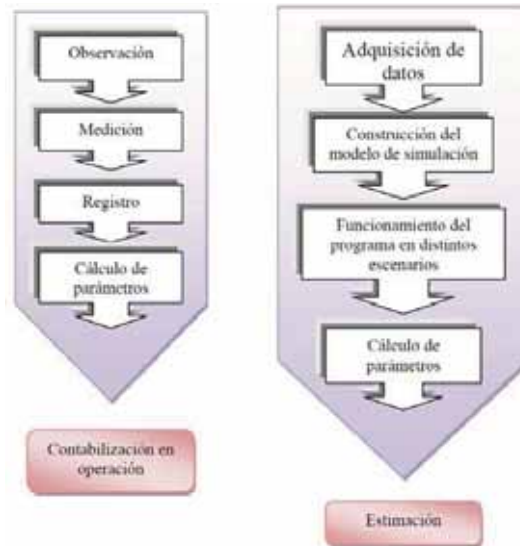


Figura 9. Procesos de contabilización y estimación de la disponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo la simulación, es indispensable implementar:

- instrumentos de adquisición de datos de las disfunciones,
- un sistema técnico-informático de tratamiento, análisis y transferencia de datos.
- el correspondiente programa de simulación.

Se pueden obtener los siguientes resultados:

- formalización del procedimiento y protocolo seguidos,
- diagnóstico de la disponibilidad de equipos e instalaciones,
- plan de mejora a implementar.

El conocimiento sobre la disponibilidad de equipos e instalaciones de la planta industrial resulta generalmente, en consecuencia con lo expuesto, fragmentario, incompleto, impreciso y poco utilizable y los esfuerzos dirigidos a solventar estos aspectos, deben proliferar si lo que se pretende es que el mantenimiento industrial, aspecto básico del ciclo de vida de la planta, del sistema o del producto, se oriente debidamente en consecuencia con su auténtico objetivo: la disponibilidad y su coste.

No basta con la estimación o contabilización de la disponibilidad operativa y de los ingresos derivados, para calcular los niveles óptimos de la misma y, en consecuencia, fijar los objetivos de la actividad de mantenimiento; es preciso, además, estimar o calcular los costes derivados de la indisponibilidad y los asociados a una mejora de la disponibilidad.

Los modelos al uso permiten obtener el nivel óptimo de disponibilidad a partir del máximo de la función de beneficio neto. En este trabajo, se plantea el cálculo de dicho nivel a partir de la función de rentabilidad, objetivo real del empresario, lo que introduce una cierta corrección del óptimo a la baja en relación con los modelos planteados en la literatura.

En la figura 10 se representa un esquema gráfico en relación con el planteamiento señalado. Los ingresos obtenidos (flujo de efectivo descontado) en función de la disponibilidad, $I=f(D)$, puede ser representado por una función aproximadamente recta en su tramo mayor que llega a saturarse en su tramo último (sobrecapacidad de la planta). Puede observarse, que para una disponibilidad nula se producen pérdidas por valor de los costes fijos de equipos e instalaciones, obteniéndose el ingreso máximo cuando la disponibilidad se hace igual a la unidad.

En cuanto a los costes de mantenimiento (curva C), crecen hiperbólicamente con la disponibilidad, dada la imposibilidad material de evitar por completo las averías por mucho esfuerzo de mantenimiento que se aplique.

El beneficio neto (curva B), se obtiene como la diferencia entre el ingreso I y los costes de mantenimiento C.

Puede comprobarse, que existe un punto de beneficio máximo u “óptimo de mantenimiento” que permite determinar la disponibilidad óptima (D_0) y el coste óptimo de mantenimiento (C_0).

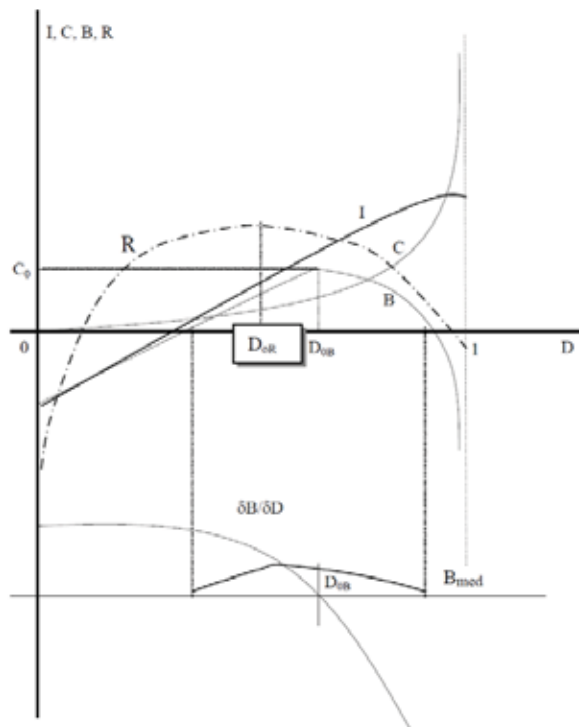


Figura 10. Beneficio y rentabilidad del mantenimiento en función de la disponibilidad requerida. Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los inconvenientes de la estimación y conocimiento de este óptimo de mantenimiento según el modelo expuesto son los siguientes:

- El valor óptimo obtenido hace referencia a la “disponibilidad global” de la planta y no permite conocer los óptimos específicos de cada equipo o instalación.



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III:
EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

- No sólo influye en la indisponibilidad de la planta la actividad de mantenimiento, por lo que haría falta derivar, del conocimiento del óptimo de disponibilidad, los objetivos locales de la función de mantenimiento o función soporte de la planta.
- Cuando la fiabilidad es elevada y los fallos e incidencias escasas y variadas, se hace difícil, mediante el método histórico, deducir políticas de actuación en mantenimiento.
- El no contar el modelo con los diferentes niveles del fallo (no sólo con los que producen indisponibilidad absoluta derivada de la parada), lo que implicaría un aumento de la complejidad del mismo y de los costes de observación, medición y análisis, produce desviaciones apreciables en el óptimo real.

Conviene señalar, en consonancia con lo expuesto, que las dificultades en la estimación de los valores de la disponibilidad operativa y su beneficio asociado, devienen lógicamente en una imprecisión en la determinación del nivel óptimo de disponibilidad, significando la dificultad intrínseca a la actividad de mantenimiento para fijar sus objetivos. De aquí, parece derivarse la necesidad de contar con herramientas borrosas o con metaheurísticos que buscan de forma barata y rápida subóptimos, lo que, en escenarios descritos de conocimiento incierto del óptimo, se convierten en la alternativa de elección.

4.6. La incidencia del factor humano.

El error humano, y la incidencia diaria en todos los procesos, tiene gran impacto en la fiabilidad de sistemas complejos, teniendo gran incidencia en la fiabilidad general de las instalaciones, los procesos de mantenimiento y sobre la seguridad general tanto humana como del entorno. Los accidentes de Three Mile Island y Chernobyl, mostraron claramente que los errores humanos pueden hacer fallar las salvaguardias y son un factor determinante en la progresión de accidentes de graves consecuencias. En general, la contribución del factor humano al comportamiento de un sistema es, al menos, tan importante como la fiabilidad de los componentes (NTP-619, 2003). Los estudios de la fiabilidad del componente humano, son normalmente utilizados en el análisis de grandes instalaciones con alto componentes de riesgo ante fallo, tales como centrales nucleares, plantas petroquímicas, etc., (Mosleh et al., 2004; Swain et al., 1983; Embrey et al., 1984; Embrey et al., 1994; Johnson et al., 2002), pero normalmente olvidadas en la pequeña y mediana industria, y sólo formalizada en algunos grandes entornos industriales (Widdowson et al. 2002; Wilson et al., 2003).

Mediante los procedimientos del análisis del trabajo con el estudio de los errores, el diagnóstico de su origen y su tratamiento por el propio trabajador que pone en juego el conocimiento de la persona sobre la tarea (Leplat, 1985), son las partes fundamentales del análisis. Puede hacerse mediante recuento de errores, descripción de errores, condiciones en las que se producen y consecuencias de los errores; el objetivo es la eliminación de las fuentes de error y la disminución de sus consecuencias (NTP-360, 1994).

Para obtener una medida correcta y conocimiento de la fiabilidad del sistema debe tenerse en cuenta la posible contribución del error humano (NTP-619, 2003; NTP-620, 2003; NTP-621, 2003; NTP-328, 1993; NTP-333, 1994; NTP-401, 1996). Los análisis de diseño de sistemas, de procedimientos e informes posteriores de accidentes, muestran que el error humano puede causar un accidente inmediato o bien puede jugar un importante papel en el desarrollo de sucesos indeseados. Sin la incorporación de las probabilidades del error humano, los resultados son incompletos y a menudo mal valorados.

De las metodologías más utilizadas en el análisis de fiabilidad humana, la THERP (Technique for human error rate prediction) (Swain et al., 1983) y la SHARP (Systematic Human Action Reliability Procedure) (Hannaman et al., 1984a, 1984b). El SHARP define siete pasos para llevar a cabo el análisis de fiabilidad humana (Figura 11). Cada una de estas actividades consta de inputs, análisis, reglas y resultados. Los inputs se derivan de las tareas preliminares del análisis de fiabilidad de sistemas y otras

fuentes de información, como son procedimientos e informes de incidentes. Las reglas dan instrucciones de cómo actuar para cada actividad. Los resultados son el producto de las actividades realizadas.

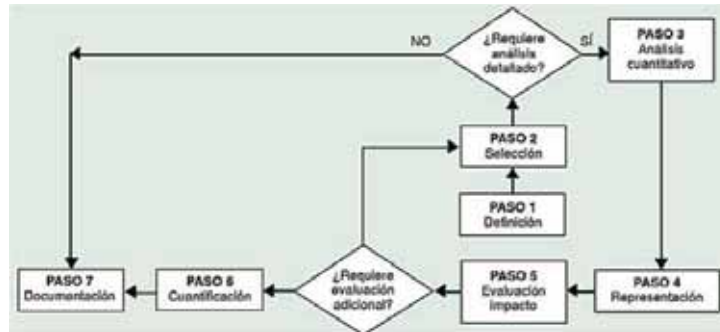


Figura 11. Pasos en el análisis de la fiabilidad humana con metodología SHARP. Fuente: NTP-619, 2003.

Las siete actividades, son (NTP-619, 2003):

1. Definición: Determinación de la clase de errores humanos a modelar, para asegurar que todas las interacciones humanas que se se puedan originar estén contempladas.
2. Selección: Identificar las acciones humanas que son significativas para el análisis de fiabilidad que se esté realizando.
3. Análisis cualitativo: Desarrollo de una descripción detallada de las acciones humanas importantes.
4. Representación: Selección y aplicación de técnicas para la modelización de las acciones humanas a través de una estructura lógica de modelización. Ej.: Árboles de fallo, árboles de sucesos, diagramas de bloques de fiabilidad, etc.
5. Evaluación del Impacto: Analizar las acciones humanas significativas, desarrolladas y representadas en las actividades anteriores.
6. Cuantificación: Donde se aplican las técnicas apropiadas para el análisis cuantitativo de cada acción humana. Desarrollo del modelo apropiado y cálculo de la probabilidad.
7. Documentación: Incluye la información necesaria para una buena documentación y su trazabilidad.

El interés general aconseja aprovechar las capacidades potenciales de las personas de la mejor manera posible en el marco de la empresa, con el uso y gestión eficiente del conocimiento intrínseco. Más aún: la actual situación de competencia, hace que la supervivencia de las empresas corra el riesgo de depender sólo de ellas.

El comportamiento de las personas en su trabajo, y la motivación como uno de los motores del rendimiento laboral, han sido objeto de numerosas investigaciones. Más en concreto en la propia actividad de mantenimiento, la motivación y la incidencia humana son factores importantes a tratar y estudiar dado el alto componente de conocimiento tácito que se ve implícito en su propio desempeño.

Algunas teorías relativas a la motivación, pueden mostrar de manera clara los procesos que se dan en los departamentos de mantenimiento en relación a las personas:

- Teoría de las necesidades de Maslow (Maslow, 1943).
- Teoría de los factores (ambientales y motivadores) de Herzberg (Herzberg, 1959).

Se observa en lo indicado, que el factor humano, tiene una incidencia fundamental en la fiabilidad global de los procesos de mantenimiento. La mayoría de los estudios formalizados sobre fiabilidad del factor



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

humano, tienen en cuenta sólo los procesos humanos que dan lugar al fallo (y normalmente sólo en grandes entornos industriales), sin tener en cuenta el tratamiento y la gestión del conocimiento, que debidamente analizado y procesado, conlleva no sólo el aumento de la fiabilidad global, sino la mejor gestión de pequeñas averías, reducción de los tiempos de mantenibilidad, mejora de la explotación operativa y optimización económica para la empresa.

5. Conclusión

En la propia evolución de las empresas y dentro de ellas la actividad de mantenimiento a través de la historia se observan factores bien definidos por Maslow (Maslow, 1943), donde se ha ido evolucionando en referencia al conocimiento desde la mera supervivencia hasta los conceptos de calidad total y estudio del ciclo de vida de los equipos e instalaciones. En la tabla 1 se resume la incidencia y la consecuencia del desarrollo del conocimiento en relación a los factores estratégicos esenciales considerados, y que afectan de manera fundamental en toda la actividad de mantenimiento, y por consiguiente, en la propia empresa.

ASPECTO TRATADO	CONSECUENCIAS DESARROLLO CONOCIMIENTO
EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Tendencia histórica desde conocimientos básicos (basados en la supervivencia) hasta factores multicriterio con alto componente de información y conocimiento. Mayor concienciación de los órganos directivos de la empresa sobre la función y el fin del mantenimiento.
EL PROCESO DE FALLO	<ul style="list-style-type: none"> El mecanismo causa-efecto es el que se sitúa en la esencia del mantenimiento. La captación de información útil sobre los factores de contingencia que actúan o pueden actuar sobre equipos y sistemas Se hace preciso configurar procesos de recogida, almacenamiento y tratamiento de la información eficientes. Desarrollo de la importancia que tiene la forma de aparición o manifestación del fallo en el posible diagnóstico.
LA CADENA DE FALLO	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento del conjunto secuenciado de causas y efectos que se presentan en un proceso de fallo. Información y estudio sobre los factores de contingencia o condicionantes explican la aparición de las causas últimas. Es preciso considerar, aguas abajo, los efectos o consecuencias de la cadena del fallo (económicas, de seguridad, laborales, medioambientales o de sostenibilidad, catastróficas, de imagen, sociales, etc.).
LA INCERTIDUMBRE	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento sobre el adecuado comportamiento de un equipo o sistema durante su ciclo de vida. Los modelos de fiabilidad representan simplificaciones importantes, pero necesarias, que derivan en elevados niveles de incertidumbre, en el ámbito de las variables y sus relaciones.
LA EXPERIMENTALIDAD Y EL MODELADO DE SISTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> La existencia de elevados niveles de incertidumbre en lo relativo al proceso y a la cadena del fallo, se puede inducir la necesidad de un enfoque complementario al exclusivamente científico y que es el experimental. Modelos teóricos y experimentales se complementan para tratar de ofrecer conocimiento válido. La experiencia derivada de la observación y del ensayo constituye un pilar básico del sistema de generación, transmisión, conservación y aplicación del conocimiento.
LA DISPONIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento para conseguir la disponibilidad efectiva de la planta. Evaluar los requerimientos y capacidades técnicas de los equipos e instalaciones. Puede mejorar sensiblemente el conocimiento del comportamiento del equipo en base a la experiencia sobre variados escenarios.
EL FACTOR HUMANO	<ul style="list-style-type: none"> El conocimiento del error humano, y la incidencia diaria en todos los procesos, tiene gran impacto en la fiabilidad de sistemas complejos. El estudio del comportamiento de las personas en su trabajo, y la motivación como uno de los motores del rendimiento laboral, y mejora de la fiabilidad y eficiencia.

Tabla 1. Incidencia y consecuencia del desarrollo del conocimiento en relación a los aspectos estratégicos esenciales del mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



El estudio y conocimiento del proceso y la cadena de fallo son partes fundamentales en la mejora de los procesos que articulan la propia función de la empresa. La incertidumbre está unida intrínsecamente a los propios procesos (físicos y humanos), y su cuantificación e información permiten su acotación dentro de entornos controlables. Mediante la experimentalidad se puede mejorar el conocimiento de los propios procesos que limitan la incertidumbre y complementa a los estudios y modelos teóricos, que hacen mejorar la disponibilidad de la empresa o factoría. No sólo el enfoque científico. Hay que tener en cuenta el alto componente humano en los departamentos de mantenimiento, y la tendencia actual a la subcontratación, que hace preciso la mejora del conocimiento en su incidencia sobre la fiabilidad global y operativa, y los procesos para la mejora de la motivación y la gestión de los procesos de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

6. Referencias

- Baeza, G., Rodríguez, P., Hernández, J. (2003). Evaluación de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica en desregulación. Revista Facultad de Ingeniería, Chile, Vol. 11 Nº1, 2003, pp. 33-39.
- Barlow, R. E.; Hunter, L. C., Proschan F., (1968). "Optimum checking procedures", Journal of the Society for industrial and applied Mathematics, vol. 4, pp. 90-110.
- Bejar, J., (1974). "Algunos modelos de mantenimiento.", Novatécnica.
- Beltrán, P., (1987). "Mantenimiento predictivo de averías en máquinas rotativas. Objetivos, ventajas y justificación económica.", Energía. Noviembre-Diciembre.
- Beltrán, P., (1989). "Aplicaciones de las técnicas de MPA a la recepción de maquinaria rotativa.", Mantenimiento, Septiembre-Octubre.
- Boland, P.J.; Proscan, F., (1982). "Periodic Replacement with Increasing Minimal Repair Cost at Failure", Operations Research, 30, pp. 1083-1089.
- Boucly, F. (1998). Gestión del mantenimiento. AENOR. Madrid.
- British Standards, (1964). Glossary of General Terms used in maintenance Organization. (BS 3811:1964).
- Buttery, L.M., (1978). "New survey of U.S. Maintenance Costs. Hydrocarbon.", Processing, Jan.
- Cacique, J. (2007). Diseño de un programa para calcular la confiabilidad en un sistema de distribución de energía eléctrica. Trabajo Especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electricista. UNEXPO. Venezuela, 2007. Pp. 138.
- Cárcel Carrasco, F.J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Christer, T., (1981). "Ways of assessing and improving maintenance performance". PEMEC'81, Birmingham.
- Conde, J. (1999). "El Mantenimiento efectivo: principios y métodos". Working paper, GIO-0500-UCLM, Ciudad Real.
- Crespo Márquez A, Iung B. (2006). Special issue on e-maintenance. Computers in Industry 2006; 57(1): 473--475.
- Crespo Márquez A, Moreu de León P, Gómez Fernández J, Parra Márquez C, López Campos M. (2009). The maintenance management framework: A practical view to maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering 2009; 15(2):167-178.
- Crespo, A. (2004). Ingeniería de mantenimiento. Técnicas y métodos de aplicación a la fase operativa de los equipos. AENOR. Madrid.
- Darnell, H., Bert, A., (1978). "The role of maintenance management in achieving industrial efficiency", Maintenance'78. BMCA, Londres.
- Delgado, C. y García de la Fuente, M., (1994). "Mantenimiento y sistemas expertos.", Mantenimiento, Mayo-Junio.
- Dixon, J., (2001). Organización y liderazgo del mantenimiento. TGP, Madrid.
- Embrey, D.E., Humphreys, P.C., Rosa, E.A., Kirwan, B., Rea, K. (1984). SLIM-MAUD: an approach to assessing human error probabilities using structured expert judgment. Report No. NUREG/CR-3518 (BNL-NUREG-51716), Department of Nuclear Energy, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY.
- Embrey, D.E., Kontogiannis, T., Green, M. (1994). Guidelines for preventing human error in process safety. New York: Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers.
- Garg, A. and Deshmukh, S.G. (2006), "Maintenance management: literature review and directions", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12 No. 3, pp.



- 205-38.
- Goel, H.D., Grievink, J. and Weijnen, M.P.C. (2003), "Integrated optimal reliable design, production, and maintenance planning for multipurpose process plants", *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 27 No. 11, pp. 1543-55.
- Gómez de León, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Servicio publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Gómez-Senent, E., (1997). *Cuadernos de Ingeniería de proyectos. Diseño básico de plantas industriales*. UPV, Valencia.
- Greer, R.W., (1.960). "Records Make the Difference", *Coal Age*. Vol. 65.
- Hanks, H., (1.961). "Program for Maintenance of Mobile Equipment", *Min. Congress Jourm*. Vol. 47, N° 9, 35-38.
- Hannaman ,GW; Spurgin ,AJ; Lukic YD. (1984a). Human cognitive reliability model for PRA analysis. NUS-4531, Electric Power Research Institute.
- Hannaman, GW; Spurgin, (1984b). AJ. Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP), EPRI NP-3583.
- Herrera, E.J., Soria, F., (1.990). "Diagnosis de fallos de componentes mecánicos", *Anales de la Ingeniería Mecánica*, Diciembre.
- Herzberg, F.; Mauser, B., Snyderman, B. (1959): *The Motivation to Work*. 2nd edn., New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hiatt, B. (1999). - *Best Practices Maintenance - A 13 Step Program in Establishing a World Class Maintenance Organization - USA*.
- Hui, E. and Tsang, A. (2004), "Sourcing strategies of facilities management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No. 2, pp. 85-92.
- Idhammar, C.. (1997). - *Maintenance management: moving from reactive to results-oriented - Journal Review Pima's Papermaker - USA - July*.
- IEEE Std 493-2007 (2007). *IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems*. Approved 7 February 2007. IEEE-SA Standards Board.
- Iung B, Levrat E, Crespo Márquez A, Erbe H. (2009). *Conceptual Framework for e-Maintenance: Illustration by e-Maintenance technologies and platforms*. *Annual Reviews in Control* 2009; 33:220--229.
- Johnson, R., Hughes, G. (2002). *Evaluation report on OTO 1999/092, human factors assessment of safety critical tasks*. Report No. 33, Health and Safety Executive, UK.
- Kelly, A.; Harris, M.J., (1978). "Management of Industrial Maintenance", Butterworths, Oxford.
- Koval, D., Zhang, X., Prost, J., Coyle, T., Arno, R., Hale, R. (2003). *Reliability methodologies applied to the IEEE Gold Book standard network*, *IEEE Industry Applications Magazine*, Vol. 9, no.1, pp. 32-41. Jan 2003.
- Lazakis I, Turan O, Aksu S. (2010). *Increasing ship operational reliability through the implementation of a holistic maintenance management strategy*. *Journal of Ships and Offshore Structures* 2010; 5(4):337--357.
- Leplat, J. (1985). *La psicología ergonómica*. Ed. Oiko-tau, Barcelona.
- Levitin G, Podofilini L, Zio E. (2003). *Generalised importance measures for multi-state elements based on performance level restrictions*. *Reliability Engineering and System Safety* 2003; 82:287--298.
- López Campos M, Fumagalli L, Gómez Fernández J, Crespo Márquez A, Macchi M. (2010). *UML model for integration between RCM and CBM in an e-maintenance architecture*. *Proceedings of the First IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering Services and Technology (A-MEST)*, Lisbon, Portugal, 2010; 133--138.
- López, M., Crespo, A., (2010). *Modelling a Maintenance Management Framework Based on PAS 55 Standard*. *Qual. Reliab. Engng. Int.* 2011, 27 805-820.
- Maslow, A. (1943). *A Theory of Human Motivation*. Originally Published in *Psychological Review*, 50, 370-396.
- McGranaghan, M. (2007). *Quantifying Reliability and Service Quality for Distribution Systems*. *IEEE Trans. Industry Applications*, vol. 43, pp. 188-195, Jan/Feb. 2007.
- Modarres, M. (2006). *Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools, and Trends*, Taylor & Francis, New York, NY.
- Mora Gutiérrez, Alberto. (1999).- *Selección y jerarquización de las variables importantes para la gestión de mantenimiento en empresas usuarias o generadoras de tecnologías avanzadas*. - Tesis doctoral - Universidad Politécnica de Valencia - Valencia - España.
- Mosleh, A, Chang, Y. (2004). *Model-based human reliability analysis: prospects and requirements*. *Reliability Engineering and System Safety* 83 (2004) 241-253.
- Moubray, J., (1991). *Reliability-Centered Maintenance*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Muller A, Crespo Márquez A, Iung B. (2008). *On the concept of e-maintenance: Review and current research*. *Reliability Engineering and System Safety* 2008; 93:1165--1187.
- Nakajima, S. (1988) . *Introduction to TPM*", *Productivity Press*, Cambridge, MA.
- Nakajima, S., (1989). "TPM Development Program",



- Productivity Press*, Cambridge, MA.
- Navarro, L. y otros. (1997). *Gestión integral del mantenimiento*. Marcombo, S.A. Barcelona.
- NTP 328, (1993): Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 333, (1994): Análisis probabilístico de riesgos: Metodología del "Árbol de fallos y errores". Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 360, (1994): Fiabilidad humana: conceptos básicos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 401, (1996): Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 619, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (I). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 620, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (II). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- NTP 621, (2003): Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (III). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio trabajo e inmigración del gobierno de España.
- Oiltech Analisis S.L. (1995).- *Mantenimiento Proactivo de sistemas mecánicos lubricados - Fluidos oleohidráulica neumática y automatización* -Vol. 24 - Número 208 y 209 - España.
- Pirret, R. (1999).- *Proactive calibration helps drive productivity higher* - I&CS. - Everett, WA - USA - June.
- Ramos, G., Torres, A., (2007). Análisis de Confiabilidad de Sistemas Industriales Aplicando Redes Bayesianas Considerando Aspectos de PQ y Seguridad -Caso de Estudio Sistema IEEE 493. *Ieee latin america transactions*, Vol. 5, NO. 8, December 2007. pp. 605-610.
- Reiner J, Koch J, Krebs I, Schnabel S, Siech T. (2005). Knowledge management issues for maintenance of automated production systems. *Proceedings of the IFIP International Conference on Human Aspects in Production Management*, Karlsruhe, Germany, vol. 160, 2005; 229--237.
- Rey, F., (2001). *Manual de mantenimiento integral de la empresa*. Confemetal, Madrid.
- Serratella CM, Wang G, Conachev R. (2007). Risk-based strategies for the next generation of maintenance and inspection programs. *International Symposium on Maritime, Safety, Security and Environmental Protection (SSE)*, Athens, Greece, 20–21 September 2007.
- Sexto, L. (2005). *Confiabilidad integral del activo*. seminario internacional de mantenimiento celebrado en Perú-Arequipa-Tecsup del 23-25 de febrero de 2005.
- Sharma, A and Yadava, G. (2011). A literature review and future perspectives on maintenance optimization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 1, 2011, pp. 5-25.
- Smith, M. (1992). - *Reliability Centered Maintenance* - McGraw Hill, Inc. School Education Group - New York - USA.
- Souris, J P., (1992). *El Mantenimiento*. Fuente de Beneficios., Díaz de Santos, Madrid.
- Swain, A.D., Guttman, H.E. (1983). *Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. Report No. (THERP), NUREG/CR-1278, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC.
- Turan, O., Lazakis, I., Judahb, S., Incecika, A... (2011). Investigating the Reliability and Criticality of the Maintenance Characteristics of a Diving Support Vessel. *Qual. Reliab. Engng. Int.* 2011, 27 931–946. DOI: 10.1002/qre.1182.
- Vásquez, C. Montesinos, M. Osal, W. y Blanco, C. (2007). Índices de Confiabilidad de Líneas Aéreas de Distribución. *IV Simposio Internacional sobre la Calidad de la Energía Eléctrica SICEL2007*. Ciudad de Medellín, Colombia.
- Veldman, J., Klingenberg, W. and Wortmann, H. (2011). Managing condition-based maintenance technology. A multiple case study in the process industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 1, 201. pp. 40-62.
- Wang, W., Loman, J., Arno, R., Vassiliou, P., Furlong, E., Ogden, D., (2004). Reliability block diagram simulation techniques applied to the IEEE std. 493 Standard Network. *IEEE Trans. Industry Applications*, vol. 40, pp. 887-955, May/Jun. 2004.
- Weber, P., Jouffe, L. (2006). Complex system reliability modelling with dynamic object oriented Bayesian network, *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 91, pp. 149-162.
- Widdowson, A., & Carr, D. (2002). *Human factors integration: implementation in the onshore and offshore industries*. Sudbury, UK: HSE Books.
- Wilson, L., McCutcheon, D. (2003). *Industrial safety*



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III: EL MANTENIMIENTO Y SUS ASPECTOS ESTRATÉGICOS
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

and risk management. Edmonton, Canada: University of Alberta Press.

Yañez, Medardo – Gómez de la Vega, Hernando, Valbuena Genebelin, Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo – ISBN 980-12-0116-9 - Junio 2003.

Yongli, Z., Limin, H., Jinling, L. (2006). Bayesian network-based approach for power systems

fault diagnosis. IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 21, No. 2, pp. 634-639, April 2006.

Zaphiropoulos EP, Dialynas EN. (2007). Methodology for the optimal component selection of electronic devices under reliability and cost constraints. Quality Reliability Engineering International 2007; 23:885--897. DOI: 10.1002/qre.850.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

***Capítulo IV. Análisis mediante técnicas
cualitativas de los factores del Mantenimiento
Industrial en relación a la Gestión del
Conocimiento***



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Introducción al Capítulo IV

Objetivo del Capítulo IV.

En este capítulo se analizan mediante estudios cualitativos con entrevistas, cuestionarios y encuestas preparadas y analizadas en un entorno industrial, los aspectos estratégicos del mantenimiento en relación a la fiabilidad (o confiabilidad), la mantenibilidad, la eficiencia energética y la operativa en explotación, estableciendo y confirmando los mecanismos de captación, generación, transmisión y utilización del conocimiento estratégico que se utilizan en la propia organización de mantenimiento.

Artículos relacionados con el Capítulo IV.

Este capítulo está estructurado en tres artículos, el primero titulado “*Los métodos de investigación cualitativa en su aplicación al mantenimiento industrial: Análisis de las ventajas y limitaciones en su utilización*”. En este artículo, se muestran de una manera introductoria las principales técnicas de investigación cualitativa, que pueden ser utilizadas en el mantenimiento industrial, mostrando las principales ventajas y limitaciones, que pueden ser observadas en su aplicación. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Industrial Maintenance & Plant Operation”.

El segundo artículo preparado en este capítulo IV titulado “*La “materia oscura” del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. Una aproximación cualitativa al problema*”. En este artículo, se pretende hacer una aproximación a identificar el carácter del conocimiento tácito que está presente de una manera muy intensa en todas las organizaciones de mantenimiento industrial y caracterizar los factores sobre los que incide, que afectan directamente a la operatividad y eficiencia de la propia organización técnica de mantenimiento e indudablemente sobre los factores tácticos de la empresa. Para tal efecto, se han realizado entrevistas con personal técnico y mandos de organizaciones de mantenimiento de diversas empresas, de sectores diferentes en la Comunidad Valenciana. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “International Journal of Production Economics”.

El tercer artículo preparado en este capítulo IV titulado “*Facilitadores y barreras para la aplicación de la Gestión del Conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Un análisis mediante técnicas cualitativas*”. Este documento contiene el resultado del estudio cuyo objetivo principal fue definir un marco de referencia que permitiera comprender y abordar la Gestión del Conocimiento dentro de las actividades de mantenimiento, visualizando las acciones tácticas fundamentales que desempeña en el entorno de la empresa, así como extraer las barreras y facilitadores fundamentales que harían un servicio más eficiente con el diseño de estrategias de trabajo basadas en la creación, transmisión y utilización de conocimiento. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “International Journal of Productivity and Performance Management”.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



INDICE
ANEXOS
Capítulo VII
Capítulo VI
Capítulo V
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo III
Capítulo II
Capítulo I



4.1. Los métodos de investigación cualitativa en su aplicación al mantenimiento industrial: Análisis de las ventajas y limitaciones en su utilización.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
Capítulo VI	Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V	Capítulo V

Los métodos de investigación cualitativa en su aplicación al mantenimiento industrial: Análisis de las ventajas y limitaciones en su utilización.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: En este artículo se pretende introducir el campo de utilización del uso de metodologías de investigación cualitativas en el estudio de las organizaciones de mantenimiento industrial de las empresas, tomadas estas como una representación social. El mantenimiento industrial, es una de las actividades estratégicas en las empresas, dado que afecta su servicio a la operación global, su disponibilidad, la parada de la producción o del servicio que prestan, así como el ciclo de vida de las instalaciones, equipos y maquinaria, que repercuten en los tiempos de amortización y en el balance económico de la empresa. Así mismo en su operativa normal, repercute su desempeño en la eficiencia energética y fiabilidad y calidad en la producción. Esta actividad, por su naturaleza intrínseca, tiene un fuerte componente técnico, y fundamentalmente humano, en donde los niveles de conocimiento tácito (basado en la propia experiencia de los técnicos de mantenimiento y no registrada) superan en gran medida a otros departamentos de la empresa. Por ello, se presenta una comparativa de los métodos de investigación cualitativa, para entender y abordar las funciones tácticas del mantenimiento que dependen muy directamente del desempeño humano, las ventajas e inconvenientes en su utilización, que se han observado en una investigación global de la operativa de mantenimiento en función de la gestión del conocimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Métodos cualitativos, Fiabilidad, Eficiencia energética, Mantenibilidad.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

Los procesos y técnicas utilizadas en mantenimiento industrial, dependen de altos componentes técnicos y de conocimiento muy sofisticado, y una alta actuación del factor humano para su desempeño, con un alto componente de conocimiento tácito (Polanyi, 1967,1958). La investigación sobre temas relacionados sobre esta actividad de alta incidencia táctica sobre las empresas, es comúnmente realizada por técnicas cuantitativas, con el fin de entender la naturaleza y el comportamiento físico de los componentes que actúan sobre su eficacia y eficiencia (fiabilidad de componentes, análisis de diversas variables eléctricas y mecánicas, tiempos de actuación, etc.) (Sols, 2000), sin embargo, existen muchas variables subjetivas que afectan a las personas, que repercuten directamente sobre todo el proceso (gestión del conocimiento, uso de la comunicación inter-personas, estado de los equipos humanos, estado emocional, etc.), que sin embargo es necesario analizar, y se precisa de técnicas de investigación que aborden la naturaleza subjetiva de dichos factores. Para abordar estas últimas variables, se precisan de técnicas de investigación cualitativas, que aproximen la teoría a dichos factores y permitan estimar su incidencia (González et al, 2009).

Dado que el factor humano (Mayo, 1945) , las motivaciones de los trabajadores (Maslow, 1954), (Herzberg, 1968) y (McGregor, 1960) y sus relaciones en la organización de mantenimiento puede tener una alta incidencia en el éxito o fracaso de una empresa, es necesario extraer, por métodos inductivos, y a partir de determinadas experiencias particulares, el principio general que en ellas está explícito.

Con los métodos cualitativos pretendemos un conocimiento de la realidad, accediendo a ella a través del discurso, entendiéndose este todo texto producido por personas en una posición de comunicación interpersonal, oral, escrita o de cualquier otra forma (Mucchielli, 1970, 1972, 1977).

Con un enfoque cualitativo, se permite observar y describir sujetos de estudio o fenómenos en su ambiente real, visualizando holísticamente los escenarios naturales. Se puede elegir este tipo de investigación por su flexibilidad y capacidad que brinda el poder observar los hechos y realizar interpretaciones y comparaciones más que medir estadísticamente, además de consigue un componente de empatía con el entrevistado, cuando lo que se investiga está directamente relacionado con las personas, y los fenómenos y experiencias humanas que lo relacionan.

En este artículo, se muestran de una manera introductoria las principales técnicas de investigación cualitativa, que pueden ser utilizadas en el mantenimiento industrial, mostrando las principales ventajas y limitaciones, que pueden ser observadas en su aplicación, haciendo una revisión de la literatura existente, para posteriormente hacer un comparativo realizado en base a un estudio de campo realizado en una empresa industrial altamente tecnificada, en la que se pretende investigar los flujos de conocimiento que actúan sobre todos los componentes estratégicos del mantenimiento industrial, y los procesos que interfieren en la adecuada gestión del conocimiento. Para ello se analizaron los principales métodos, aplicándose varios de ellos (panel delphi, encuestas, grupos de discusión, entrevista individual, teoría fundamentada, técnica de observación, estudios de casos), y obteniendo las ventajas y limitaciones del uso de cada uno de ellos.

2. Las técnicas de investigación cualitativas en su aplicación al mantenimiento industrial.

Lo primordial en una investigación es la correcta formulación del problema describiendo el contexto del estudio e identificando el enfoque general de análisis (Wiersma, 1995), aunando rigor y calidad metodológica (Cornejo et al. 2011) y validación de la metodología utilizada (Sisto, 2008; Villegas et al., 2011).

Toda investigación, de cualquier enfoque que sea (cualitativo o cuantitativo), tiene dos centros básicos de actividad. Partiendo del hecho que el investigador desea alcanzar unos objetivos, que

a veces, están orientados hacia la solución de un problema, los dos centros fundamentales de actividad consisten en (Martínez, M., 2006):

1. Recoger toda la información necesaria y suficiente para alcanzar esos objetivos, ilustrar lo acaecido o solucionar ese problema.
2. Estructurar esa información en un todo coherente y lógico, es decir, ideando una estructura lógica, un modelo o una teoría que integre esa información, integrándola en un todo coherente y lógico, por medio de una hipótesis plausible que dé sentido al todo.

Las investigaciones científicas pueden ser realizadas a partir de metodologías cuantitativas o cualitativas. La primera consiste en el contraste de teoría(s) ya existente(s) a partir de una serie de hipótesis surgidas de la misma, siendo necesario obtener una muestra, ya sea en forma aleatoria o discriminada, pero representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto, para realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida, dado que el método científico utilizado en la misma es el deductivo; mientras que la segunda (metodología cualitativa) consiste en la construcción o generación de una teoría a partir de una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico que servirá de punto de partida al investigador, para lo cual no es necesario extraer una muestra representativa, sino una muestra teórica conformada por uno o más casos (Martínez, P., 2006).

Alguno de los problemas fundamentales para la optimización de la función de mantenimiento, vienen como consecuencia del factor humano, que sin embargo afectan a funciones transcendentales de la empresa (fiabilidad, productividad, eficiencia energética, etc.) y que se hace todavía más patente en el caso de grandes compañías, que tienen multitud de plantas con una gran diversificación geográfica. En estos casos, el intercambio y transvase de información entre ellas, así como, el disponer de una gestión de mantenimiento común, hace que ésta se vea mejorada. Podría ponerse algunos ejemplos, en relación al mantenimiento industrial, en que el uso de técnicas cualitativas puede ser trascendental para la investigación del fenómeno, su implicación y acciones de mejora:

1. Problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento.
2. La captura y utilización del alto componente de conocimiento tácito que se da en la organización de mantenimiento.
3. Falta de experiencia de los operarios para resolver determinados problemas que obliga a que otros los solucionen, con la pérdida operativa correspondiente.
4. Falta de información sobre medidas específicas a adoptar ante averías que no se le han presentado antes al operario.
5. La dependencia por parte de la empresa de la experiencia de los operarios de mantenimiento, imprescindible para el buen funcionamiento de la empresa.
6. Existencia únicamente de históricos de avería teóricos, sin poseer documentación alguna sobre las averías que no suelen ocurrir, y que sin embargo han sido resueltas en alguna ocasión por algún operario.
7. Una incorrecta gestión de la documentación técnica que se encuentra descentralizada y/o parcialmente disponible.
8. La carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal, en el entorno específico del mantenimiento.

Algunas de las diferencias sustanciales entre investigación cualitativa y cuantitativa, se pueden observar en la tabla 1 (Pita et al., 2002; Cabrero et al. 1996; Reichart et al., 1996), en función de varios autores, así como las ventajas y limitaciones en su utilización (Tabla 2).



Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
 Capítulo V
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa	
Investigación cualitativa	Investigación cuantitativa
Centrada en la fenomenología y comprensión	Basada en la inducción probabilística del positivismo lógico
Observación naturista sin control	Medición penetrante y controlada
Subjetiva	Objetiva
Inferencias de sus datos	Inferencias más allá de los datos
Exploratoria, inductiva y descriptiva	Confirmatoria, inferencial, deductiva
Orientada al proceso	Orientada al resultado
Datos "ricos y profundos"	Datos "sólidos y repetibles"
No generalizable	Generalizable
Holista	Particularista
Realidad dinámica	Realidad estática

Tabla 1. Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa. Fuente: Pita et al, 2002.

Ventajas e inconvenientes de los métodos cualitativos vs cuantitativos.	
Métodos cualitativos	Métodos cuantitativos
Propensión a "comunicarse con" los sujetos del estudio (Ibañes, 1994)	Propensión a "servirse de" los sujetos del estudio (Ibañes, 1994)
Se limita a preguntar (Ibañes, 1994)	Se limita a responder (Ibañes, 1994)
Comunicación más horizontal... entre el investigador y los investigados... mayor naturalidad y habilidad de estudiar los factores sociales en un escenario natural (Deegan, 1987)	
Son fuertes en términos de validez interna, pero son débiles en validez externa, lo que encuentran no es generalizable a la población	Son débiles en términos de validez interna - casi nunca sabemos si miden lo que quieren medir-, pero son fuertes en validez externa, lo que encuentran es generalizable a la población (Campbell, 1982)
Preguntan a los cuantitativos: ¿Cuan particularizables son los hallazgos?	Preguntan a los cualitativos: ¿Son generalizables tus hallazgos?

Tabla 2. Ventajas e inconvenientes entre investigación cualitativa y cuantitativa. Fuente: Pita et al, 2002.

El objetivo de los métodos cuantitativos es la de dar una dimensión numérica de lo que sucede. Con los métodos cualitativos se pretende conocer los porqués, y las razones por las que sucede los procesos que se manifiestan (Baez, 2007). Dichos métodos pueden ser complementarios, por ejemplo, en la actividad de mantenimiento, se pueden medir por medios cuantitativos que está sucediendo en un momento determinado o en un periodo de tiempo: índices de fallos, tiempos medios de reparación, variables físicas de componentes, etc., que permiten obtener estadísticas, gráficas, porcentajes, etc., que nos permitirían hacer pronósticos a corto o largo plazo. Con los métodos cualitativos podríamos conocer las razones para conocer y explicar como sucede esto,

en referencia a la actitud del equipo humano y sus actuaciones, a través de los argumentos que fundamenten los fenómenos en los que están implicados.

En las investigaciones cualitativas se fijan unos objetivos a lograr (generales o particulares), relevantes para el investigador. A veces, es preferible fijar sólo objetivos generales y determinar los específicos durante el proceso, para no buscar metas que quizá resulten triviales o imposibles.

Por ello, mediante el término “investigación cualitativa”, se entiende cualquier tipo de investigación que produce hallazgos a los que no se llega por medio de procedimientos estadísticos o cuantitativos.

El problema principal que enfrenta actualmente la investigación en las ciencias humanas y su metodología, tiene un fondo esencialmente epistemológico, pues gira en torno al concepto de "conocimiento" y de "ciencia" y la respetabilidad científica de sus productos: El conocimiento de la verdad y de las leyes de la naturaleza. De aquí, la aparición, sobre todo en la segunda parte del siglo XX, los planteamientos que formula la teoría del conocimiento (Martínez, M., 2006).

Su evolución parte desde la sociología europea y americana entre 1855 y 1890 mediante estudio de documentos personales y fuentes secundarias, pasando su consolidación entre 1900 y 1945 con introducción de entrevistas en profundidad, su sistematización entre 1945 y 1975 con el análisis de nuevas teorías interpretativas, pluralismo entre 1970 y 1983 con introducción de teoría fundamentada y estudio de casos, hasta el momento actual con la interpretación lingüística y retórica de la teoría social.

Los métodos de investigación cualitativa adquieren una singularidad propia, que se deriva de la finalidad a la que se destina y los objetivos que persigue (Baez, 2007), siendo sus rasgos fundamentales:

- Estudia las realidades en su contexto natural.
- Es empírica: Se niega el conocimiento a priori, y este se obtiene por la experiencia.
- Es inductiva: El proceso que se sigue va de lo particular a lo general.
- Es interpretativa: Los resultados no son únicos y está sujeta a diferentes interpretaciones, aunque con mayor poder explicativo de la realidad.
- Es explicativa: Se orienta también desde la descripción de los asuntos y su explicación.
- El lenguaje es su sustancia: Se interroga a las personas para que narren las realidades tal y como las perciben y elaboren su propio discurso.
- Busca comprender: Se intenta hacer coherente hechos desordenados.
- Enfoque holístico: Propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de sus partes que lo componen.
- Es dúctil: Conforme avanza la investigación se va focalizando asuntos de interés.

En el análisis cualitativo, no se pretende la cuantificación de los datos cualitativos, sino reinterpretar los datos con el propósito de descubrir conceptos y relaciones para organizarlos en un esquema explicativo.

Una metodología cualitativa puede ser descrita (Anguera, 1986) "como una estrategia de investigación fundamentada en una depurada y rigurosa descripción contextual del evento, conducta o situación que garantice la máxima objetividad en la captación de la realidad, siempre compleja, y preserve la espontánea continuidad temporal que le es inherente, con el fin de que la correspondiente recogida sistemática de datos, categóricos por naturaleza, y con independencia de su orientación [...] dé lugar a la obtención de conocimiento válido con suficiente potencia explicativa".

Básicamente, existen tres componentes principales en la investigación cualitativa.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Los datos, que pueden provenir de fuentes diferentes, tales como entrevistas, observaciones, documentos, registros y grabaciones.
2. Los procedimientos, que los investigadores pueden usar para interpretar y organizar los datos. Entre estos se encuentran: conceptualizar y reducir los datos, elaborar categorías, en términos de sus propiedades y dimensiones, y relacionarlos, por medio de una serie de oraciones proposicionales. Al hecho de conceptualizar, reducir, elaborar y relacionar los datos se le suele denominar codificar.
3. Los informes escritos y verbales conforman el tercer componente.

En los estudios cualitativos los marcos teórico-conceptuales son generalmente inductivos. El investigador cualitativo trata de identificar patrones, puntos en común y relaciones a través del estudio de casos y acontecimientos específicos. Cuando se hace el análisis de la información, se procura pasar de la especificidad de los datos a la generalización abstracta, creando conceptos que sinteticen el fenómeno observado y lo estructuren mediante explicaciones de la realidad. No todos los investigadores tienen por objetivo crear marcos teóricos como producto de una explicación conceptual propia, ya que hay investigadores que utilizan modelos conceptuales existentes para la explicación de sus estudios cualitativos (Polit et al., 2000).

Dentro de las clasificaciones que se pueden realizar de las metodologías cualitativas, una podría ser entre directas (entrevista, grupo de discusión, técnica de observación, estudio de casos, teoría fundamentada) e indirectas (proyectivas, panel delphi, cuestionarios).

Con la investigación cualitativa, se genera una gran cantidad de información y el estudio proviene, en la gran mayoría de los casos, de unos pocos sujetos y de diferentes fuentes (Alvarez-Gayou, 2005), algo importante en la ingeniería del mantenimiento industrial, donde el estudio de pocos sujetos de un equipo en el interior de una empresa afecta a situaciones estratégicas y de operatividad sustanciales.

Respecto al tamaño de la muestra en la investigación cualitativa, no hay criterios ni reglas firmemente establecidas, determinándose en base a las necesidades de información, por ello, uno de los principios que guía el muestreo es la saturación de datos, esto es, hasta el punto en que ya no se obtiene nueva información y ésta comienza a ser redundante. El proceso de muestreo podría evolucionar como sigue (Salamanca et al., 2007):

1. El investigador empieza con una noción general de dónde y con quién comenzar. Se suelen utilizar procedimientos de conveniencia o avalancha.
2. La muestra se selecciona de manera seriada, es decir, los miembros sucesivos de la muestra se eligen basándonos en los ya seleccionados y en qué información han proporcionado.
3. Con frecuencia se utilizan informantes para facilitar la selección de casos apropiados y ricos en información.
4. La muestra se ajusta sobre la marcha. Las nuevas conceptualizaciones ayudan a enfocar el proceso de muestreo.
5. El muestreo continúa hasta que se alcanza la saturación.
6. El muestreo final incluye una búsqueda de casos confirmantes y desconfirmantes (selección de casos que enriquecen y desafían las conceptualizaciones de los investigadores).

2.1. Las técnicas de investigación cualitativas directas.

Las entrevistas.

Las entrevistas, son una técnica de investigación intensiva para profundizar en aspectos globales del discurso especializado sobre un determinado tema, y los aspectos sobre los que se sustenta, se estructura a través de las preguntas del investigador y las respuestas de las personas

entrevistadas, marcando un flujo de información que la va dotando de contenidos (Valles, 2002, 1997; Alonso, 1999).

Los antecedentes parten de los años 50, con la entrevista clínica, en las que se indaga en el paciente mediante preguntas para establecer los procesos psicológicos por los que se actúa de una manera determinada, y la entrevista enfocada, en la que se indaga en una experiencia concreta del entrevistado sobre la que se desea saber y cuyos efectos se quieren analizar. De la adaptación de estos modelos surgieron los tipos más utilizados hoy en día:

- *Entrevistas en profundidad:* Para estudios exploratorios, con contenido genérico, en que la propia entrevista hace emerger los temas. También denominada por algunos autores como entrevista abierta. Generalmente suelen cubrir solamente uno o dos temas pero en mayor profundidad. El resto de las preguntas que el investigador realiza, van emergiendo de las respuestas del entrevistado y se centran fundamentalmente en la aclaración de los detalles con la finalidad de profundizar en el tema objeto de estudio. Aunque es la que más se caracteriza por la carencia de estructura –salvo la que el sujeto le da– y por la no-dirección, no hay que olvidar que las entrevistas deben desarrollarse bajo la dirección y el control sutil del investigador/a (Blasco et al., 2008a).
- *Entrevistas estructuradas:* predeterminan en una mayor medida las respuestas por obtener, que fijan de antemano sus elementos con más rigidez.
- *Entrevistas semi-estructuradas:* Con un contenido preestablecido, dejando abierta la gama de posiciones del entrevistado. Las preguntas están definidas previamente –en un guión de entrevista pero la secuencia, así como su formulación pueden variar en función de cada sujeto entrevistado. Es decir, el/la investigador/a realiza una serie de preguntas (generalmente abiertas al principio de la entrevista) que definen el área a investigar, pero tiene libertad para profundizar en alguna idea que pueda ser relevante, realizando nuevas preguntas. Como modelo mixto de la entrevista estructurada y abierta o en profundidad, presenta una alternancia de fases directivas y no directivas (Blasco et al., 2008a).

Es una forma específica de interacción social que tiene por objeto recolectar datos para una indagación. El investigador formula preguntas a las personas capaces de aportarle datos de interés, estableciendo un diálogo peculiar, asimétrico, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra es la fuente de esas informaciones.

Las ventajas de la investigación mediante entrevista en las acciones de mantenimiento industrial radica en que son los mismos actores sociales quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas, opiniones, deseos, actitudes y expectativas, cosa que por su misma naturaleza imposible de observar desde fuera. Nadie mejor que la misma persona involucrada para hablar acerca de todo aquello que piensa y siente, de lo que ha experimentado o proyecta hacer.

Las desventajas que se pueden tener es que el entrevistado podrá hablar lo que se le pregunte, pero siempre nos dará la imagen que tiene de las cosas, lo que cree que son, a través de toda su carga subjetiva de intereses, prejuicios y estereotipos.

La técnica de entrevista de investigación social, es especialmente útil cuando lo que realmente nos interesa recoger es la visión subjetiva de los actores sociales, máxime cuando se desea explorar los diversos puntos de vista “representantes” de las diferentes posturas que pudieran existir en torno a lo investigado (Blasco et al., 2008a).

Los grupos de discusión.

El grupo de discusión es una técnica empleada por los investigadores cualitativos. Tiene dos raíces teórico-prácticas de origen; una de ellas es la norteamericana, más conocida hoy en día como “Focus Group” (Gutierrez, 2011), que se generó y desarrolló entre las décadas 30 y 40 a



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

partir del uso de las técnicas de entrevista grupales, que llevaron a cabo Robert K. Merton, M. Fiske y Patricia L. Kendall, en Estados Unidos; la otra versión es la europea, particularmente la española, y que es la que recibe el nombre de “Grupo de Discusión” (Ibañez, 1979, 1989; Cano, 2008).

El objetivo fundamental del grupo de discusión es ordenar y dar sentido al discurso social que se va a reproducir. Técnicamente el grupo de discusión lo que hace es reunir a un grupo de personas, o participantes seleccionados, que son una muestra estructural con características propias que en este momento constituye la dimensión grupal. Tratamos de recoger vivencias y experiencias de un grupo determinado de gente con unas características similares. Los informantes tienen derecho a hablar, participan a través de su punto de vista que, frente a otros sujetos, se da en una conversación. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acoplen las hablas y se favorezca la reproducción social del discurso (Cano, 2008).

Durante la sesión se pueden pedir opiniones, hacer preguntas, aplicar cuestionarios, discutir casos, intercambiar puntos de vista y valorar aspectos varios. Los pasos fundamentales a realizar pasarían por definir el tipo de personas que participarán en la reunión, ubicar las personas del tipo definido o elegido, y organizar la sesión o sesiones, que se deben llevar a cabo en un ambiente tranquilo, relajado y deben preverse detalles tales como logística, etc. Se debe elaborar reporte de sesión, que debe incluir datos particulares de los participantes (sexo, edad, nivel educativo, etc.), así como información completa del desarrollo de la sesión reflejando la actitud y comportamiento de los participantes.

Lo más importante del diseño es tener representadas en los grupos de discusión, determinadas relaciones sociales que se plantean explorar a priori en la investigación. Por lo tanto, la selección del número de grupos responde a criterios estructurales y no estadísticos. Antes de comenzar a elegir participantes hay que plantearse a qué tipos sociales se quiere escuchar. O lo que es lo mismo, cuántas variantes discursivas son necesarias recoger para tener una visión completa del fenómeno al que se quiere aproximar y conocer (Cano, 2008).

Este tipo de técnica es ideal para evaluar un servicio como puede ser la actividad del mantenimiento industrial, en relación a sus componentes humanos, la atención con el cliente final (la propia factoría), etc. Entre sus condiciones está en que resulta costosa por la logística que involucra, se necesita personal altamente capacitado en el tema a tratar y por sus características está dirigida a recoger opiniones.

La Grounded theory o teoría fundamentada.

La teoría fundamentada desarrollada a través de los sociólogos Glaser y Strauss (1967), en esa época se la denominó “el método de comparación constante” o teoría anclada, por ser ésta la estrategia de análisis de datos. Es ampliamente utilizada en ciencias sociológicas o de la salud (Soler et al., 2010; Carrero et al., 2006; Goulding, 2005; Jones, 2004; De la Cuesta, 2006), pero muy poco utilizada en áreas técnicas y de mantenimiento industrial. El objetivo de este método es el de generar teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales, por tanto sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad (Glaser et al., 1967). A la teoría fundamentada se la describe como un modo de hacer análisis (Strauss, 1987). Se asienta en tres premisas (Blumer, 1969). La primera es que los seres humanos actúan ante las cosas con base al significado que éstas tienen para ellos; la segunda es que el significado de estas cosas se deriva o emerge, de la interacción social que se tiene con los otros; y la tercera premisa es que estos significados se manejan y transforman por medio de los procesos interpretativos que la persona usa en el manejo de las situaciones que se encuentra.

La teoría fundamentada es especialmente útil cuando las teorías disponibles no explican el fenómeno o planteamiento del problema, o bien, cuando no cubren a los participantes o muestra de interés (Creswell, 2005). Con la teoría fundamentada se busca una teoría que generalice un



área conceptual, a partir de los datos, aunque pueda parecer cierta similitud con la entrevista en profundidad y la reunión de grupo (Tabla 3).

Reunión de Grupo – Entrevista en Profundidad	Grounded Theory
Aceptada en el campo de la investigación en comunicación y marketing	No aceptada universalmente
Muestra fija	Muestra por saturación. Cada caso rigurosamente seleccionado
Resultado inmediato en el tiempo	Se desconoce tiempo requerido (finalización investigación)
De las preguntas se obtienen respuestas	Las respuestas pueden llevarnos a nuevas preguntas clave
De la teoría a los datos	La teoría emerge de los datos
No existe teoría para investigar de nuevo	Buscar teoría que generalice un área conceptual entera

Tabla 3: Diferencias entre la Grounded Theory y la Entrevista en Profundidad o la Reunión de Grupo. Fuente: (Soler et al., 2010)

En la Teoría fundamentada, los datos se recolectan a través de entrevistas y observación participante. La fuente de datos es la interacción humana y el análisis se focaliza en desvelar los procesos que subyacen en esta interacción que se denomina proceso básico social-psicológico. El proceso se presenta en etapas o estadios, en ellas se identifican las condiciones de la acción, las estrategias (o lo que las personas hacen para resolver los problemas a los que cotidianamente se enfrentan) y sus efectos denominadas consecuencias. La teoría fundamentada se ocupa de la temporalidad, de las fases o cambios en la acción. El análisis de datos en la teoría fundamentada se hace a través de la codificación, la realización de memos analíticos y diagramas; tiene por fin descubrir categorías, desarrollarlas, relacionarlas y saturarlas, todo ello alrededor del proceso básico. El resultado de un estudio de teoría fundamentada se presenta como un proceso, o algunos de sus elementos como las estrategias. Si el investigador desea captar la temporalidad, el cambio y sus efectos, la teoría fundamentada le proporciona la manera de hacerlo (De la Cuesta, 2006).

Existen diversos programas informáticos (Chenobilsky, 2006) para el apoyo en el análisis de datos cualitativos mediante la teoría fundamentada (Tabla 4). Los programas pueden ser útiles para realizar tareas mecánicas de análisis, como pueden ser identificar similitudes, diferencias y relaciones entre distintos fragmentos de texto, pero de ninguna manera sirven para la creación de conceptos. Por lo que el software no puede reemplazar nunca la creatividad del investigador (González et al., 2010).

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Atlas.ti v.5.2	MAXqda	The Ethnograph v.5.08	QSR N6 (ex Nudist)	Nvivo	QDA Miner v.2.0
Tipos de datos cualitativos					
Datos textuales, vídeo digital, sonido y gráficos	Datos textuales	Datos textuales	Datos textuales	Datos textuales	Datos textuales
Incorporación de documentos					
Texto (.txt, .rtf, .doc), gráficos (.jpg, .jpeg, .bmp, .gif), audio (.wav, .mp3)	Texto (.txt)	Texto (.txt)	Texto (.txt)	Texto (.txt)	Texto (.rtf, .doc, .html, .pdf, .txt)
Codificación					
Mínima unidad de texto a codificar: un carácter	Mínima unidad de texto a codificar: un carácter	Mínima unidad de texto a codificar: una línea (42 caracteres)	Mínima unidad de texto a codificar: una unidad de texto (línea, oración o párrafo)	Mínima unidad de texto a codificar: un carácter	Codificación jerárquica
Codificación no jerárquica, in vivo	Codificación no jerárquica, in vivo	Codificación jerárquica, in vivo	Codificación jerárquica, in vivo	Codificación jerárquica, in vivo	

Tabla 4. Principales programas de análisis de datos cualitativos. Fuente: González et al., 2010.

Técnica de observación.

Es el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste. Es una técnica que consiste en observar, el hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación directa de un fenómeno ayuda a realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar. Adicionalmente, entre muchas otras ventajas, permite hacer una formulación global de la investigación, incluyendo sus planes, programas, técnicas y herramientas a utilizar. Entre los diferentes tipos de investigación se pueden mencionar las siguientes:

- La observación directa, es la inspección que se hace directamente a un fenómeno dentro del medio en que se presenta, a fin de contemplar todos los aspectos inherentes a su comportamiento y características dentro de ese campo.
- La observación indirecta, es la inspección de un fenómeno sin entrar en contacto con él, sino tratándolo a través de métodos específicos que permitan hacer las observaciones pertinentes de sus características y comportamientos.
- La observación oculta, se realiza sin que sea notada la presencia del observador, con el fin de que su presencia no influya ni haga variar la conducta y características propias del objeto en estudio.
- La observación participativa, es cuando el observador forma parte del fenómeno estudiado y le permite conocer más de cerca las características, conducta y desenvolvimiento del fenómeno en su medio ambiente.
- La observación no participativa, es aquella en que el observador evita participar en el fenómeno a fin de no impactar su conducta, características y desenvolvimiento.
- La observación histórica, se basa en hechos pasados para analizarlos y proyectarlos al futuro.
- La observación dinámica, se va adaptando a las propias necesidades del fenómeno en estudio.
- La observación controlada, donde se manipulan las variables para inspeccionar los cambios de conducta en el fenómeno observado.



- La observación natural, se realiza dentro del medio del fenómeno sin que se altere ninguna parte o componente de éste.

Pasos claves de la observación:

- ✓ Determinar el objeto, situación, caso que se va a observar
- ✓ Determinar los objetivos de la observación (para qué se va a observar)
- ✓ Determinar la forma con que se van a registrar los datos
- ✓ Observar cuidadosa y críticamente
- ✓ Registrar los datos observados
- ✓ Analizar e interpretar los datos
- ✓ Elaborar conclusiones
- ✓ Elaborar el informe de observación

Recursos auxiliares de la observación y modalidades:

- Fichas
- Récorde Anecdóticos
- Grabaciones
- Fotografías
- Listas de chequeo de Datos Escalas, etc.

La observación, como técnica de investigación en el mantenimiento industrial, ayuda a introducirse dentro del contorno del fenómeno, los movimientos operativos que se producen, difícil de observar y medir, sino se está dentro del contexto de su propia funcionalidad.

Técnica de estudio de casos.

Permite analizar el fenómeno objeto de estudio en su contexto real, utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente. Por otra parte, ello conlleva el empleo de abundante información subjetiva, la imposibilidad de aplicar la inferencia estadística y una elevada influencia del juicio subjetivo del investigador en la selección e interpretación de la información. El estudio de casos es, por tanto, una metodología de investigación cualitativa que tiene como principales debilidades sus limitaciones en la confiabilidad de sus resultados y en la generalización de sus conclusiones, lo que la enfrenta a los cánones científicos más tradicionales y lo que, de alguna manera, la ha marginado (que no excluido) frente a otras metodologías más cuantitativas y objetivas como metodología científica de investigación empírica (Villarreal et al., 2010), aunque utilizado por numerosos investigadores como un método de diseño pre-experimental (Yin, 1993).

No obstante, el método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado (Martínez, 2006), mientras que los métodos cuantitativos sólo se centran en información verbal obtenida a través de encuestas por cuestionarios (Yin, 1989).

Sin embargo, para avanzar en el conocimiento de determinados fenómenos complejos es una metodología que puede aportar contribuciones valiosas si es empleada con rigor y seriedad, aplicando procedimientos que incrementen su confiabilidad y su validez.

Se debe poner el énfasis en el objetivo de la investigación, ya que en función de éste se puede considerar que el método se ajusta correctamente cuando persigue la ilustración, representación,



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

expansión o generalización de un marco teórico (generalización analítica), y no la mera enumeración de frecuencias de una muestra o grupo de sujetos como en las encuestas y en los experimentos (generalización estadística).

Las características de esta metodología, su diseño (Figura 1) y el tipo de preguntas que pueden ser respondidas mediante su uso, permiten que sea una estrategia adecuada para abordar cuestiones como las siguientes (Yin, 1989) (Villarreal et al., 2010):

1. Explicar las relaciones causales que son demasiado complejas para las estrategias de investigación mediante encuesta o experimento.
2. Describir el contexto real en el cual ha ocurrido un evento o una intervención.
3. Evaluar los resultados de una intervención.
4. Explorar situaciones en las cuales la intervención evaluada no tiene un resultado claro y singular.

El uso de esta herramienta analítica es por tanto muy recomendable cuando el fenómeno que queremos estudiar no puede ser comprendido de forma independiente respecto a su contexto (Villarreal et al., 2010), a su ambiente natural, cuando se deben considerar un gran número de elementos y se precisa un elevado número de observaciones (Johnston et al., 1999), es decir, cuando queremos comprender un fenómeno real considerando todas y cada una de las variables que tienen relevancia en él (McCutcheon et al., 1993).

Los objetivos últimos que se quieren conseguir deben estar claros desde el principio, con qué finalidad se va a recabar e interpretar la abundante información a la que se va a tener acceso, cuál es el objeto de estudio y qué se desea saber de las organizaciones que se analiza. El estudio puede servir para describir un fenómeno dentro organizaciones reales, para explorar una situación sobre la que no existe un marco teórico bien definido, de forma que sirva para preparar otra investigación más precisa, para explicar porqué se producen fenómenos, lo que es la base para la generación de nuevas teorías (Yin, 1989, 1993, 1998), para ilustrar buenas prácticas de actuación (Bonache, 1999) o validar propuestas teóricas (Yin, 1989). En cualquier caso, estos objetivos deben estar claramente determinados antes del inicio de la investigación.

Antes de enfrentarnos al fenómeno objeto de estudio en su realidad empresarial es necesario partir de una literatura de referencia, especificar y definir los conceptos clave, determinar lo que no se sabe y se desea conocer mediante la investigación, así como conocer y seleccionar los modelos teóricos existentes que a priori mejor nos van a ayudar para explicar esa realidad compleja y abierta y, de esa forma guiar, el estudio. El estudio de casos, puede ser útil en la investigación en las actividades tácticas del mantenimiento industrial, dado el grado de incertidumbre en que se desenvuelven, con un alto impacto del factor humano, y siendo los procesos organizativos variables de una empresa a otra.

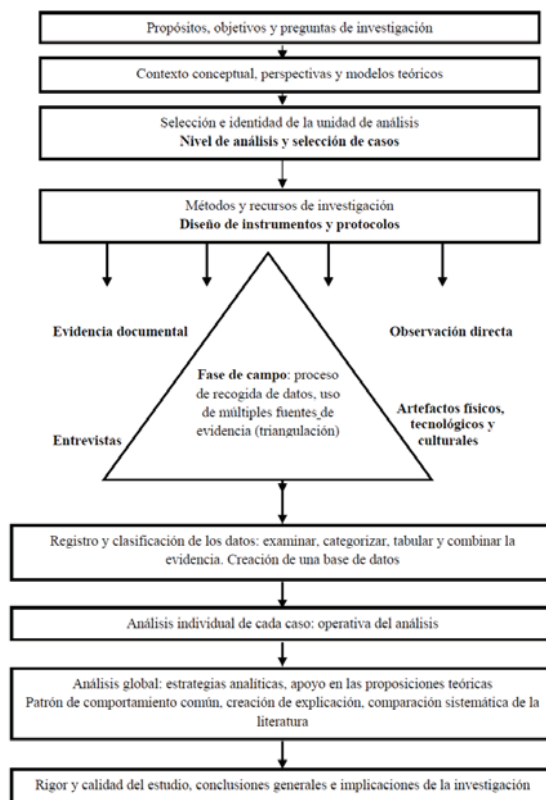


Figura 1. Diseño metodológico del estudio de casos. Fuente: Villarreal et al., 2010.

2.2. Las técnicas de investigación cualitativas indirectas.

Técnicas proyectivas.

Se define como una técnica de indagación indirecta en la cual se presenta un estímulo ambiguo a las personas y subsecuentemente se le pide dar sentido a éste.

Las técnicas proyectivas comprenden una serie de actividades ya sea en forma de tareas o juegos que buscan facilitar extender o aumentar la naturaleza de la discusión grupal. Las actividades son diseñadas con la idea que el entrevistado proyectará sus propias creencias (sin que pasen explícitamente por el filtro de lo aceptado por su conciencia) en una situación hipotética.

Se puede decir que las técnicas proyectivas de investigación consisten en una metodología de indagación indirecta que facilitan al sujeto la articulación de pensamientos retenidos a partir de la presentación de estímulos inestructurados, con el objeto de que el participante “proyecte”, es decir, exprese lo que piensa o siente en alguien o algo distinto de sí mismo (Boddy, 2005). Al respecto, se dice que una persona está proyectando cuando atribuye a otra un rasgo o deseo propio, que le resulta difícil de admitir directa y explícitamente.

Existen cinco categorías de técnicas proyectivas basadas en la actividad que involucran de parte del entrevistado y el tipo de respuesta que se puede obtener de su aplicación. Estas categorías, que representan lo que se ha denominado las técnicas proyectivas tradicionales (frecuentemente



usadas) son: las técnicas de asociación, completación, construcción, expresión y de orden o elección.

Panel Delphi.

Es un procedimiento eficaz y sistemático cuyo objeto es la recopilación de opiniones de expertos sobre un tema particular con el fin de incorporar dichos juicios en la configuración de un cuestionario y conseguir un consenso a través de la convergencia de las opiniones (Linstone et al., 1975).

Es un método de investigación sociológica, que independientemente de que pertenece al tipo de entrevista de profundidad en grupo, se aparta de ellas agregando características particulares (Ruiz, et al., 1989). Es una técnica grupal de análisis de opinión, parte de un supuesto fundamental y de que el criterio de un individuo particular es menos fiable que el de un grupo de personas en igualdad de condiciones, en general utiliza e investiga la opinión de expertos (Bravo et al., 2010).

El Método Delphi se basa en el principio de la inteligencia colectiva y que trata de lograr un consenso de opiniones expresadas individualmente por un grupo de personas seleccionadas cuidadosamente como expertos calificados en torno al tema, por medio de la iteración sucesiva de un cuestionario retroalimentado de los resultados promedio de la ronda anterior, aplicando cálculos estadísticos (Parisca,1995).

Las principales características del método están dadas por el anonimato de los participantes (excepto el investigador), iteración (manejar tantas rondas como sean necesarias), retroalimentación (feedback) controlada, sin presiones para la conformidad, respuesta de grupo en forma estadística (el grado de consenso se procesa por medio de técnicas estadísticas) y justificación de respuestas (discrepancias/consenso) (Bravo et al., 2010).

Es un método de consenso. Los integrantes del grupo no se comunican directamente entre si, pero influyen sobre la información remitida por otros, hasta que se llega a un consenso. Para un grupo Delphi se pueden elegir individuos al azar o un panel de expertos o informadores-clave de la comunidad. El procedimiento (Figura 2) se basa en un proceso iterativo que pasa por diversas etapas:

1. Formulación de la pregunta de investigación.
2. Selección de unos o más expertos a participar en el ejercicio.
3. Desarrollo de la primera ronda de cuestionarios Delphi.
4. Probar el cuestionario con participantes de control.
5. Transmisión de los primeros cuestionarios a los miembros del panel.
6. Análisis de la primera ronda de respuestas.
7. Preparación de la segunda ronda preguntas.
8. Transmisión de la segunda ronda preguntas a los panelistas.
9. Análisis de la segunda ronda de respuestas.
10. Volver al paso 7 hasta lograr estabilidad en los resultados.
11. Preparación de un informe por parte del equipo supervisor.

La técnica Delphi evita reuniones, facilita la participación, da tiempo para reflexionar, es anónima y evita presiones intragrupalas. Los inconvenientes se refieren a la duración del proceso, posibles abandonos, selección sesgada de participantes, etc. Es muy útil, sin embargo, cuando los recursos son escasos, los temas son complejos y se quiere contar con la opinión expertos en un área concreta.

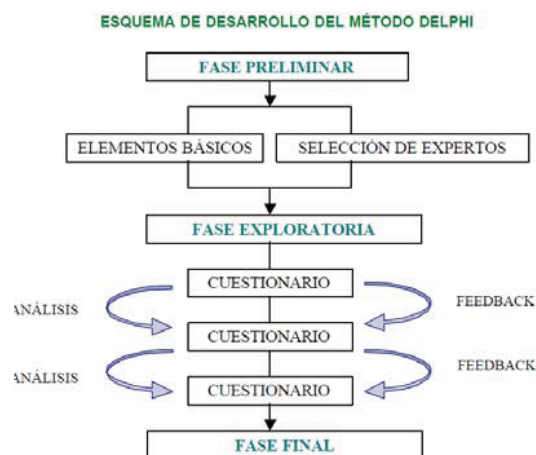


Figura 2. Esquema desarrollo método Delphi. Fuente: Bravo et al., 2010.

Cuestionarios y Encuestas.

Aunque los cuestionarios y encuestas, son técnicas de investigación cuantitativas, pueden ser utilizadas para la captación de datos con el fin de centrar o delimitar una investigación cualitativa. Se trata de una técnica de investigación basada en las declaraciones emitidas por una muestra representativa de una población concreta y que nos permite conocer sus opiniones, actitudes, creencias, valoraciones subjetivas, etc. Dada su enorme potencial como fuente de información, es utilizada por un amplio espectro de investigadores (Cea, 1999) definiendo la encuesta como “la aplicación o puesta en práctica de un procedimiento estandarizado para recabar información (oral o escrita) de una muestra amplia de sujetos. La muestra ha de ser representativa de la población de interés y la información recogida se limita a la delineada por las preguntas que componen el cuestionario pre-codificado, diseñado al efecto”.

Entre sus características, se pueden señalar las siguientes:

- La información se adquiere mediante transcripción directa.
- El contenido de esa información puede referirse tanto a aspectos objetivos (hechos), como subjetivos (opiniones o valoraciones).
- Dicha información se recoge de forma estructurada, al objeto de poder manipularla y contrastarla mediante técnicas analíticas estadísticas.
- La importancia y alcance de sus conclusiones dependerá del control ejercido sobre todo el proceso: técnica de muestreo efectuada para seleccionar a los encuestados, diseño del cuestionario, recogida de datos o trabajo de campo y tratamiento de los datos.

Comparada con otras estrategias de investigación, la encuesta goza de gran popularidad debido a ventajas como su:

- Rentabilidad, ya que permite obtener información diversa, de un amplio sector de la población.
- Fiabilidad, ya que al ser un proceso estructurado permite la replicación por parte de otros investigadores.
- Validez ecológica, ya que los resultados obtenidos son de fácil generalización a otras muestras y contextos (suponiendo siempre un alto grado de representatividad de la muestra encuestada).
- Utilidad, ya que los datos obtenidos gracias a este procedimiento permiten un tratamiento riguroso de la información y el cálculo de significación estadística.



Sin embargo, para garantizar que la encuesta goce de todas estas ventajas, han de tenerse en cuenta algunas dificultades (perfectamente extensibles a otros instrumentos de recogida de información como los tests psicométricos) como:

- × Realizar encuestas a poblaciones con dificultad en su comunicación.
- × La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas.
- × La presencia del entrevistador puede provocar problemas de reactividad y/o aquiescencia (los cuales siempre pueden solventarse con un buen cuestionario o una adecuada formación).
- × La necesidad de un complejo y costoso (temporal, material y económicamente) trabajo de campo.

Una vez planteados convenientemente los momentos previos al diseño y recogida de datos en toda investigación (problema, hipótesis, etc), para realizar una encuesta hay que seguir los siguientes pasos:

- Determinación de la población (conjunto de individuos del que queremos obtener la información) y unidad muestral que contestará al cuestionario (un sujeto, un grupo, etc.).
- Selección y tamaño de la muestra.
- Diseño del material para realizar la encuesta.
- Organización y puesta en práctica del trabajo de campo.
- Tratamiento estadístico de los datos recogidos.
- Discusión de los resultados.

En la encuesta, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Ese listado se denomina cuestionario. Es impersonal porque el cuestionario no lleva el nombre ni otra identificación de la persona que lo responde, ya que no interesan esos datos. Es una técnica que se puede aplicar a sectores más amplios del universo, de manera mucho más económica que mediante entrevistas.

Dentro de las escalas utilizadas en las encuestas, la escala de Likert es una de las más frecuentes utilizadas: Es un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicio ante los cuales se solicita la reacción del sujeto. Se utiliza en la mayoría de las investigaciones, cuando se evalúan actitudes y opiniones. Es una escala de cinco puntos desde la más desfavorable a la más favorable, es decir, se presenta cada afirmación y se pide al sujeto que externé su reacción eligiendo uno de los cinco puntos de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico, que ayuda a medir la posición de la opinión sobre la cuestión planteada.

La técnica de encuesta es ampliamente utilizada en todas las áreas de investigación, y en el mantenimiento industrial sirve para acudir a poblaciones más amplias y ser más económica que las entrevistas, aunque el problema fundamental es la correcta formulación de las preguntas, el no existir una retroalimentación con los cuestionados, y que en preguntas sobre aspectos complejos o cualitativos (conocimiento tácito, factor humano, etc.), conlleva el recabar información incompleta o sesgada.

3. El análisis de los datos cualitativos.

Cuando hablamos del análisis de datos cualitativos hacemos referencia al mismo como “proceso de análisis”. Esto es así porque el análisis de los datos no corresponde a una fase determinada del proceso de investigación aislada en el tiempo, sino que es una actividad procesual y dinámica que comienza desde el mismo momento en que el investigador entra en el campo hasta

que se retira de éste y se redacta el informe final de investigación (González et al., 2010). La particularidad del análisis cualitativo reside en que el proceso es flexible, sus etapas se encuentran muy interrelacionadas, y, sobre todo, se centra en el estudio de los sujetos (Mejía, 2011).

El análisis de datos cualitativos es un proceso definido por tres fases interrelacionadas (Mejía, 2011): la reducción de datos que incluye edición, categorización, codificación, clasificación y la presentación de datos; el análisis descriptivo, que permite elaborar conclusiones empíricas y descriptivas; y la interpretación, que establece conclusiones teóricas y explicativas.

La decisión muestral puede estar orientada por criterios que dependerán de las características particulares de cada estudio. Pueden buscarse, como paso inicial bajo el criterio de saturación discursiva, los casos de potencial polarización del universo en relación al tema, para así capturar las significaciones extremas de la población en relación al tema (Serbia, 2007).

De gran importancia en la selección inicial, en la muestra cualitativa, el hecho de que los sujetos hayan tenido alguna experiencia sobre el tema que se quiera investigar.

El muestreo consistirá en una serie limitada de entrevistas o grupos de hablantes extremos (sirven para contar con los rasgos o conductas límites de una clase o grupo), ejemplares (se utilizan para visualizar ciertas características ya conocidas) o típicos (permiten la descripción de los rasgos de los sujetos más repetidos de una población caracterizada por una homogeneidad interna) en relación a ciertas prácticas sociales (Serbia, 2007).

A fin de cumplimentar esta meta, y contradiciendo las clásicas recomendaciones provenientes de los criterios metodológicos cuantitativos, los criterios de la selección de los entrevistados se basaron en la proximidad y la familiaridad entre entrevistador-entrevistado.

Estas condiciones aseguraron el intercambio comunicacional deseado, no estructurado ni por factores de status social o cultural, ni por las inhibiciones que el entrevistado pueda sentir en un contexto discursivo alienado, esto es a partir de temas y objetivos impuestos.

En la investigación cualitativa los datos se van elaborando a partir de categorías conceptuales, que delimitan los campos que fijan los contornos de lo relevante en la producción discursiva de los sujetos a investigar.

Con el trabajo de campo se lleva adelante una comparación y diferenciación sistemática y constante entre los datos emergentes. Las categorías iniciales se van afinando hasta la conformación de tipologías o conceptos teóricos que describan o expliquen las significaciones de los sujetos en sus marcos de sentido. Se busca la saturación de los discursos con respecto al tema de interés, a fin de elaborar descripciones y generalizaciones de los discursos producidos.

El investigador aporta su experiencia directa para llegar al sentido de los fenómenos, e intenta vincular lo subjetivo a los contextos del fenómeno estudiado. El diseño de la investigación debe pasar desde las fases de su diseño hasta la teorización donde emerge nueva teoría o explicaciones (Figura 3)

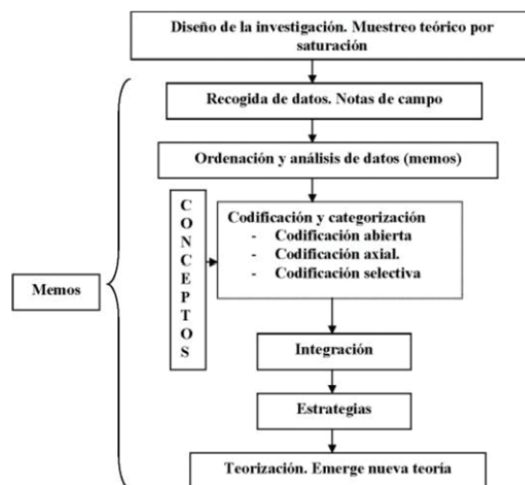


Figura 3: Propuesta de investigación cualitativa. Fuente: (Soler y Fernandez, 2010)

4. La utilización de las técnicas de investigación cualitativa en las acciones tácticas del mantenimiento industrial.

En este apartado, se marcan la visión y percepción del investigador en la idoneidad de diversas técnicas de investigación cualitativa, que se observaron durante un proceso de estudio sobre los factores estratégicos que influyen en la actividad del mantenimiento industrial en relación a la gestión del conocimiento, la fiabilidad de la explotación, mantenibilidad y eficiencia energética. Con lo cual no se pretende en este apartado mostrar los resultados obtenidos sobre los datos generales de la investigación principal, sino la percepción y la utilidad en la recolección de los datos que marcan la investigación final, con la utilización de diversas técnicas de investigación cualitativa.

Para el análisis de los datos de la investigación, en el que se quiere comparar diferentes técnicas de investigación cualitativa para observar el grado de la realidad social en el componente humano en la ingeniería de mantenimiento, y su interacción en los procesos fundamentales tácticos de sus procesos, se ha realizado sobre una muestra en una población de una empresa industrial entre los componentes humanos que desempeñan su misión técnica en la organización de mantenimiento.

Se trata de una empresa de primer nivel dedicada al sector agro-alimentario con una plantilla total de 1137 empleados distribuida en tres sedes y un grupo de mantenimiento formado por 230 personas. Para tener un patrón de medida objetivo, sobre el que se referencien los datos obtenidos por las técnicas cualitativas, se ha tomado como patrón una auditoría energética externa realizada a la empresa durante un periodo de 3 meses (entre Febrero y Mayo del 2010), en la que se han analizado mediante elementos cuantitativos y análisis profundo de todos los componentes que posibilitan una mejora en la eficiencia energética de la empresa y estudio de fiabilidad de las instalaciones. De los datos obtenidos de dicha auditoría energética, se han extraído los siguientes resultados para utilizarlos en la comparación con los obtenidos en los análisis cualitativos:

- Influencia de las instalaciones en el tipo y porcentaje de energía utilizado.
- Características de la información y documentación que influyen en la detección de la eficiencia energética.
- Instrumentación y toma de datos de procesos para estimación de mejora energética.

- Acciones a realizar para mejora de la fiabilidad de las instalaciones críticas.
- Acciones globales y específicas a realizar para la mejora energética.

En la fase cuantitativa de la investigación, se miden y observan factores objetivos (sectorizaciones de consumo por instalaciones (Gráfico 1), por tipo de instalación (Gráfico 2), acciones de mejora de la fiabilidad de las instalaciones (Figura 4), acciones de mejora energética (Tabla 5), etc.), en base a la utilización de instrumentos de medición (cámaras termográficas (figura 5), analizadores de redes, medidores eléctricos, etc.). Esta es la fase común utilizada en prácticamente en todos los procesos de investigación en la ingeniería de mantenimiento y en general en todas las ramas técnicas industriales.

Sin embargo, existen muchos factores, sobre todo en lo que afecta al factor humano de la propia actividad, que no son posibles evaluarlos por técnicas cualitativas o instrumentos de medición directos (El componente de conocimiento tácito que influye en el trabajo, la gestión del conocimiento que afecta en dicha actividad y que influyen en la captación, generación y utilización del conocimiento operativo. etc.), en esta fase es donde entran las técnicas de investigación cualitativas.



Gráfico 1: Ejemplo de consumo eléctrico por principales instalaciones consumidoras. Fuente: Elaboración propia.

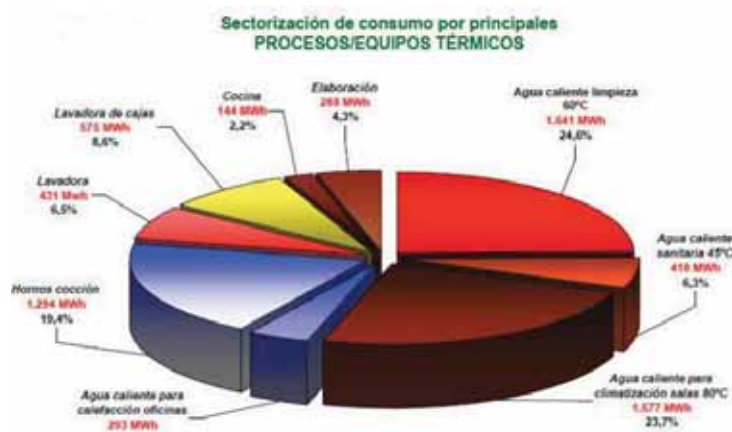


Gráfico 2: Ejemplo de consumo por principales instalaciones térmicas. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo IV:

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

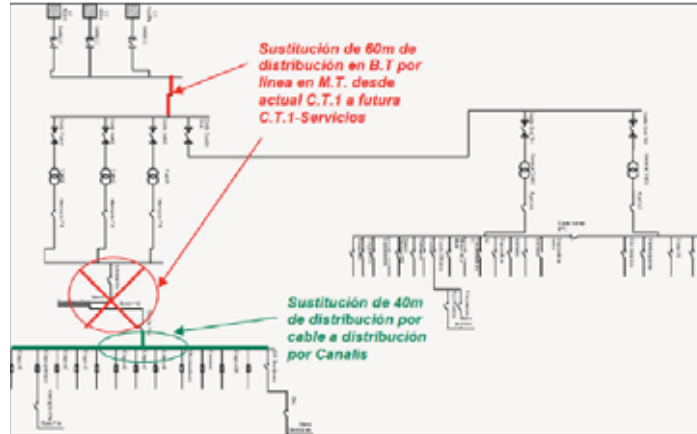


Figura 4: Ejemplo de acción para mejora de fiabilidad. Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE ACCIÓN Nº	Revisor/ Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (kWh)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (€k.ahorr)	Inversión estimada	ROI (años)
1	Suministro eléctrico - Aumento de potencia contratada		-	-	10,8	-	-
2	Instalación eléctrica de fábrica - Instalación de sistema de supervisión para el control, monitorización y contabilización del consumo eléctrico de planta		400.411	151,4	33,6	60,6	1,8
3	Instalación eléctrica de fábrica - Mejora distribución eléctrica línea de CT1 a Cuadros de distribución de frío		28.980	11,1	2,3	-	-
4.1	Instalación de Inio Industrial - Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A5		201.707	74,9	16,3	30,4	3,0
4.2	Instalación de Inio Industrial - Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A5		184.522	68,3	14,8	33,6	4,0
5	Instalación de Inio Industrial - Instalación de variadores de velocidad en condensadores evaporativos		192.887	71,4	15,8	24,5	1,3
6.1	Instalación de aiso comprimido Industrial - Instalación de centralita de control multicompresor		85.501	31,6	7,5	3,5	6,5
6.2	Instalación de aiso comprimido Industrial - Reducción de consumo residual		-	-	-	-	-
6.3	Instalación de aiso comprimido Industrial - Reducción de fugas		118.780	43,8	8,7	-	-

Tabla 5: Ejemplo de acciones detectadas de la auditoría para eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

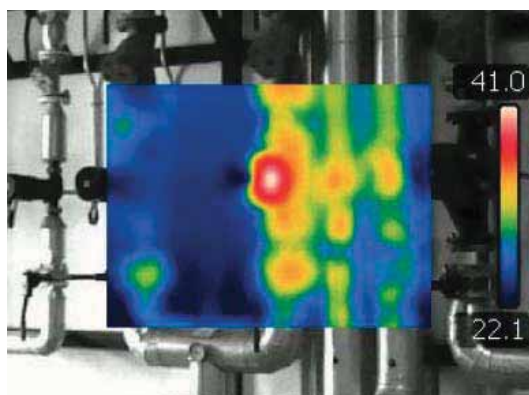


Figura 5: Ejemplo de técnica de medición por cámara termográfica, para estimación de pérdidas térmicas de tuberías vapor. Fuente: Elaboración propia.

El número de participantes utilizado en cada uno de los métodos cualitativos, se indica en la tabla 6, sobre miembros de la organización de mantenimiento de dicha empresa.

TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	Nº PERSONAS INTERVIENEN	Observaciones
Panel Delphi	5	Expertos en el área de mantenimiento de cinco empresas diferentes.
Encuestas	20	Agrupar todas las áreas de mantenimiento dentro de la misma empresa.
Entrevista individual	5	Son 5 personas seleccionadas de las que participaron en la encuesta.
Cuestionario	5	Son 5 personas seleccionadas de las que participaron en la encuesta, y diferentes a las que participan en la entrevista individual.
Grupos de discusión	5	Forman parte de diferentes áreas de mantenimiento.
Técnica Observación	-	Realizado por el propio investigador en el entorno de la empresa.
Estudio de casos	-	Realizado por el propio investigador en el entorno de 5 empresas.
Teoría fundamentada	8	Se comienza con integrantes de cada área hasta llegar a la saturación teórica.

Tabla 6: Tipo de técnica y muestra para contrastar análisis cualitativos, en el área de mantenimiento industrial de una empresa. Fuente: Elaboración propia.

Para la muestra, y con el fin de tener datos homogéneos en los resultados obtenidos, se ha seleccionado personas que cumplieran unas condiciones similares, tales como edad, formación y experiencia en el desempeño. En concreto todas las personas seleccionadas, debían cumplir: edad entre 30 y 45 años, formación técnica universitaria o en ciclos superiores profesionales, experiencia en mantenimiento superior a 10 años y antigüedad en la empresa superior a 5 años.

Las características con que se ha analizado cada una de las técnicas de investigación cualitativa han sido las siguientes:

- Panel Delphi: Fue utilizado para marcar los factores fundamentales en la ingeniería del mantenimiento industrial, en relación a los factores intervinientes en los procesos de gestión del conocimiento con respecto a la operación- explotación, fiabilidad y eficiencia energética. Participaron cinco expertos de mantenimiento industrial de empresas diferentes.



El panel sirvió para marcar los procesos de un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento, así como los cuestionarios generales y encuestas que sirvieran para la captación de la información primaria de comienzo de la investigación.

- Encuestas: Se realiza una encuesta piloto básica formada por 7 ítems principales (Figura 6), pasándose para su contestación a 20 técnicos de mantenimiento, para el posterior análisis de los resultados. Con ello se consiguen datos relevantes dentro del propio equipo de mantenimiento, siendo un proceso rápido y económico de captación de información cuantitativa, pudiéndose fácilmente tratada por instrumentos estadísticos.

A-3 Cuestionario prueba básico para determinar acciones de eficiencia energética. (A-3 EFICIENCIA ENERGÉTICA)

001. Indica en base a tu experiencia e indicando el orden de importancia, la relación de equipos e instalaciones que consumen energía eléctrica y térmica, sobre los que crees que sería conveniente realizar acciones de eficiencia energética. (Introduce en el recuadro el orden de importancia de las instalaciones descritas y pondera de 1 a 5, el efecto que tendrías sobre dichos equipos sobre la eficiencia energética)

a) Frío industrial, compresores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	b) Cámaras frigoríficas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Iluminación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	d) Máquinas de producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Calderas vapor y agua caliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	f) Otro: (Indicar):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

002. ¿Qué información y documentación crees bajo tu punto de vista, serían necesarios para el estudio cuantitativo previo al estudio de eficiencia energética?

a) Planimetría clara, concisa y actualizada, que permitan hacer un análisis del flujo energético en los sistemas e instalaciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	a) Datos de consumo energético de elementos o sistemas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Procedimientos documentados con claridad para los procesos de detección de acciones de eficiencia energética.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	b) Datos de tiempos de funcionamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Diagramas de bloques en los que se puedan ver todos los elementos implicados en el consumo energético.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	c) Equipos de medición eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Datos concisos y claros, esquemas de fabricación de equipos y maquinaria, especificaciones técnicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	d) Equipos medición combustible.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Otros: (Indicar a continuación):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	e) Otros equipos: (Indicar):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

004. Pondera de las siguientes actuaciones para mejorar la fiabilidad, en que grado afectaría a la eficiencia energética. (1: nada, 5: máximo).

a) Remodelación redes distribución energía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	a) Instalación sistema supervisión energética.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Mejora control sistema compresores frío industrial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	b) Variadores de velocidad en compresores de frío	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Sectorización redes fluidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	c) Mejora distribución eléctrica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Mejora disponibilidad distribución aire comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	d) Reducción consumo residual aire comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

005. A priori y de una manera genérica, en base a tu conocimiento de las instalaciones de la empresa, ¿Podrías indicar que acciones específicas crees, que podrían ser convenientes realizar para la mejora de la eficiencia energética, y su ponderación?

a) Tu conocimiento sobre técnicas de mejora de eficiencia energética, medición, control, etc es:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	a) Otras acciones: (Indicar):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Tu conocimiento sobre acciones globales en los sistemas que puedan afectar significativamente el rendimiento energético es:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

Figura 6: Test básico para determinación de acciones de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

- Entrevista individual: Se realiza una entrevista en profundidad, a 5 personas que previamente habían participado en la encuesta con el fin de obtener unos datos semejantes, y confirmar la fiabilidad de la encuesta o recabar nuevos datos.

El formato de las preguntas para la entrevista individual (y utilizada también en otras técnicas cualitativas) se basa en cinco preguntas básicas, en la línea de la encuesta básica utilizada, para explorar las bases de una auditoría de eficiencia energética, siendo el guión básico de la entrevista como se indica a continuación:

Basándose en su experiencia superior a 10 años en el ámbito de la ingeniería del mantenimiento industrial, se pretende estudiar los factores básicos en relación a la realización de acciones de eficiencia energética, contésteme a las siguientes preguntas:

- Indica en base a tu experiencia e indicando el orden de importancia, la relación de equipos e instalaciones que consumen energía eléctrica y térmica, sobre los que crees que sería conveniente realizar acciones de eficiencia energética.
- ¿Qué información y documentación crees bajo tu punto de vista, serían necesarios para el estudio cuantitativo previo al estudio de eficiencia energética?
- ¿Qué datos necesitarías tomar y qué equipos de medición utilizarías, con el fin tener conocimiento de todos las variables fundamentales que nos lleven al conocimiento de las acciones necesarias de eficiencia energética?
- ¿Crees que acciones de mejora de la fiabilidad de las instalaciones, pueden inducir acciones de eficiencia energética?



energética? ¿Podrías poner algún ejemplo, que a tu entender sea factible?

5) *A priori y de una manera genérica, en base a tu conocimiento de las instalaciones de la empresa, ¿Podrías indicar que acciones específicas crees, que podrían ser convenientes realizar para la mejora de la eficiencia energética?*

- Cuestionario: Se distribuye un cuestionario a implementar de manera escrita por 5 personas independientemente, que previamente habían participado en la encuesta y diferentes a los que habían participado en la entrevista individual, con el fin de obtener unos datos y ver la semejanza con lo obtenido en la encuesta. El formato es semejante al guión de la entrevista individual, explicando claramente a los participantes, que bajo su criterio e independencia contesten en la extensión que consideren conveniente dichas preguntas
- Grupo de discusión: Entre 5 personas, pertenecientes a diferentes áreas de mantenimiento (Mecánica, eléctrica, sistemas, maquinaria producción, oficina técnica), dentro de un ambiente distendido y con la presencia del investigador como moderador, mediante las preguntas guía utilizadas en las entrevistas individuales.
- Técnica de observación directa: Durante la fase de investigación, y con acceso a las instalaciones, documentación y equipamiento de la factoría por parte del investigador, se contrastaban las características reales de los trabajos realizados en mantenimiento, el estudio de sus relaciones internas, las características de la información utilizada por los equipos de mantenimiento, dando una visión de los fenómenos en el entorno de investigación por parte del investigador. Con ello se consigue el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste.
- Estudio de casos: Previo a la investigación de campo en la factoría. Se realizó a cinco empresas del área industrial en sus actividades de mantenimiento. Sirvió para tomar la determinación de las características globales que inciden en todas las empresas en el entorno de mantenimiento, así como la selección de la empresa donde se pudiera realizar la investigación de campo.
- Teoría fundamentada: Se comienza con personas de un área determinada (eléctrica), pasando por diferentes técnicos de diversas áreas, hasta alcanzar la saturación teórica. El objetivo de este método es el de generar teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales, por tanto sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad (Glaser et al., 1967). Los datos se recolectan a través de entrevistas semi-estructuradas y observación participante. La fuente de datos es la interacción humana y el análisis se focaliza en desvelar los procesos que subyacen en esta interacción.

5. Resultados

En la utilización de diversas técnicas de investigación en el mantenimiento industrial, se ha comprobado el alto valor científico en la utilización de la combinación entre las técnicas cuantitativas normalmente usadas en el desempeño industrial y que nos ayudan a analizar y conocer los procesos físicos que sin duda intervienen en la eficiencia de los procesos, con la utilización de las técnicas cualitativas (poco utilizadas en la técnica industrial), y sin embargo imprescindibles para el conocimiento de la eficiencia de los procesos desde el factor humano y organizativo, de gran transcendencia en la ingeniería del mantenimiento industrial. En la tabla 7 se pueden observar, las diferentes ventajas y limitaciones observadas en su uso, y que clarifican los procesos en los que se puede utilizar.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	VENTAJAS EN SU UTILIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	INCONVENIENTES EN SU UTILIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	Observaciones
Técnicas cuantitativas (Medición de las variables físicas que afectan un fenómeno en el entorno del equipamiento e instalaciones)	Imprescindible para la medición de las variables fundamentales en una investigación en entorno técnico (Variables de temperatura, tensión, intensidad, potencia, tiempos, vibraciones, etc.).	Los propios del diseño de la investigación y la precisión de los equipos de medida.	Es complementario a las técnicas cualitativas. Son necesarios equipos e instrumentos para su registro y cuantificación. Se detectan y estudian variables del entorno del equipamiento e instalaciones, no el factor humano en su implicación.
Panel Delphi (Cualitativa)	Recopilación de opiniones de expertos. Facilita la participación, da tiempo para reflexionar, es anónima y evita presiones intragrupalas.	Excesiva duración del proceso, posibles abandonos, selección sesgada de participantes	Es muy útil, sin embargo, cuando los recursos son escasos, los temas son complejos y se quiere contar con la opinión expertos en un área concreta.
Encuestas/Test (Cuantitativa)	Los datos obtenidos gracias a este procedimiento permiten un tratamiento riguroso de la información y el cálculo de significación estadística.	La muestra ha de ser representativa de la población de interés. La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas.	Sirve para acudir a poblaciones más amplias y ser más económica que las entrevistas.
Entrevista individual semi-estructuradas (Cualitativa)	Marca un flujo de información que la va dotando de contenidos. Permite profundizar en alguna idea que pueda ser relevante, realizando nuevas preguntas. Son los mismos actores sociales quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas. Permite la interacción del investigador.	El entrevistado nos dará la imagen que tiene de las cosas, lo que cree que son, a través de toda su carga subjetiva.	Útil cuando lo que realmente nos interesa recoger es la visión subjetiva de los actores sociales, máxime cuando se desea explorar los diversos puntos de vista "representantes" de las diferentes posturas que pudieran existir en torno a lo investigado.
Cuestionario (Cuantitativa/Cualitativa)	Permite recoger información más abierta, a juicio del cuestionado, sobre el tema tratado. Más económico que las entrevistas individuales. Permiten enviarlo a una muestra más amplia.	La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas. El tratamiento de la información es más complejo que en los tests.	
Grupos de discusión (Cualitativa)	Reúne a un grupo de personas, que son una muestra estructural con características propias que en este momento constituye la dimensión grupal. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acoplen las hablas y se favorezca la reproducción social del discurso. Se pueden pedir opiniones, hacer preguntas, aplicar cuestionarios, discutir casos, intercambiar puntos de vista y valorar aspectos varios.	Resulta costosa por la logística que involucra. Se necesita personal altamente capacitado en el tema a tratar	La selección del número de grupos responde a criterios estructurales y no estadísticos
Técnica Observación (Cualitativa)	Ayuda a realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar. Permite hacer una formulación global de la investigación. El investigador se introduce en el contexto y el ambiente del fenómeno a tratar, dando una visión más clara y precisa.	Se debe tener autorización total del investigador en el área que se estudia de la empresa, difícil de conseguir a veces.	En el mantenimiento industrial, ayuda a introducirse dentro del contorno del fenómeno y los movimientos operativos que se producen
Estudio de casos (Cualitativa)	Se mide y registra la conducta de las personas u organizaciones de la empresa en el fenómeno estudiado. persigue la ilustración, representación, expansión o generalización de un marco teórico	Tendencia a la generalización de las conclusiones.	Utilizado por numerosos investigadores como un método de diseño pre-experimental.
Teoría fundamentada (Cualitativa)	Generar teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales. Sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad. El resultado de un estudio de teoría fundamentada se presenta como un proceso, o algunos de sus elementos como las estrategias.	No existe una muestra fija. Se finaliza al llegar a la saturación teórica, no estando definido al comienzo de la investigación.	Útil para el desarrollo de nuevas teorías o procedimientos. Existen diversos programas informáticos para el tratamiento de la información cualitativos.

Tabla 7: Resumen de ventajas y limitaciones observadas en los ensayos experimentales, en la población de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

6. Discusión

La investigación cuantitativa se dedica a recoger, procesar y analizar datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas, y estudia la asociación o relación entre las

variables que han sido cuantificadas (potencia, energía, vibraciones, procesos térmicos, etc.). Un ejemplo explicativo de ello son las auditorías energéticas o de mantenimiento, utilizadas en el proceso de investigación global del mantenimiento. Esto ya lo hace darle una connotación que va más allá de un mero listado de datos organizados como resultado; pues estos datos que se muestran en un informe final, están en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos (Sarduy, 2007).

Sin embargo en la investigación en el mantenimiento industrial, existen muchos aspectos difícilmente medibles o cuantificables y que sin embargo afectan sustancialmente a su desempeño, tales como los procesos humanos en la gestión del conocimiento que afectan en cómo se desarrollan las actividades operativas que afectan directamente a la fiabilidad, la eficiencia energética y la mantenibilidad, y que pueden afectar en gran medida a la empresa. Es en esta fase donde la utilización de metodologías de investigación cualitativa puede tomar el relevo para complementar o ampliar la investigación, a partir de los estudios cuantitativos que marcan la evidencia física de la investigación.

Son identificadas cuatro formas generales en las que se utiliza este tipo de investigación.

- Como mecanismo de generación de ideas.
- Para complementar un estudio cuantitativo.
- Para evaluar un estudio cuantitativo.
- Para identificar y procesar el conocimiento tácito, aspecto intensivo en las organizaciones de mantenimiento.
- Como método principal, cuando se investigan como se producen los procesos de adquisición, generación, transmisión y utilización del conocimiento en el desempeño del mantenimiento en sus aspectos tácticos principales (Nonaka et al., 1995).

La investigación cualitativa exige el reconocimiento de múltiples realidades y trata de capturar la perspectiva del investigado, y debe ser utilizada como complemento fundamental o auxiliar en la utilización de técnicas cuantitativas (Figura 7). El empleo de ambos procedimientos cuantitativos y cualitativos en una investigación podría ayudar a corregir los sesgos propios de cada método.



Figura 7: La combinación de las técnicas de investigación cuantitativa-cualitativa, en los procesos del mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

En la investigación, mediante el estudio de casos, se pudo investigar y marcar la realidad en el desempeño del mantenimiento industrial mediante la visión de diversas empresas de ámbito industrial, marcando las relaciones incidentes en todas ellas en cuanto a su desempeño, y centrando la investigación en una de ellas que reuniera las condiciones mejores para centrarse en el estudio particular que pudiera ser extrapolado al resto de las empresas.

Con las técnicas de panel delphi, se consensuó las variables principales a investigar mediante el uso de cuestionarios tipo test o entrevistas. Dicho panel marca el punto fundamental de centrado de la investigación.

Mediante los test producidos en base a los paneles delphi, se pudo establecer de una manera intensiva a una muestra de la población de mantenimiento, los diferentes factores intervinientes por parte de los operarios y en base a sus criterios, que en mayor medida afectaban a su trabajo en particular, y por extrapolación al resto de la organización. Se pudo comprobar, entre un grupo de los participantes en los test, que mediante el uso de cuestionarios escritos de manera abierta en base a preguntas, se extraían nuevas conclusiones, que con el test, dado al aspecto cerrado de las preguntas y valoración no quedaban precisadas o no eran correctamente interpretadas.

Con las entrevistas individuales semi-estructuradas con inter-relación entre el entrevistado y el investigador, se consiguió extraer nuevas conclusiones que podrían aportar nuevas perspectivas a la investigación.

Con los grupos de discusión, mediante la reunión de diversos expertos en el área de mantenimiento se produce un cruce de ideas, confirmaciones y se enlaza entre diversas disciplinas técnicas con el objeto de detectar su inter-relación. Tratamos de recoger vivencias y experiencias del grupo con gente con unas características similares. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acoplen las hablas y se favorezca la reproducción social del discurso (Cano, 2008). No obstante en el grupo de discusión, se ha observado por parte del investigador, que existe una función de moderación más fuerte, para evitar que las opiniones sean focalizadas por una única persona del grupo (tendencia de líder), pudiendo silenciar o acortar la opinión de otros miembros del grupo.

Mediante la teoría fundamentada junto técnicas de observación directa, se genera teoría a partir de datos recogidos en contextos de la propia actividad de mantenimiento, por tanto los hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad. En la Teoría fundamentada, los datos se recolectan a través de entrevistas y observación participante. Mediante la interacción humana y el análisis se focaliza en desvelar los procesos que subyacen en las características humanas y técnicas de la ingeniería de mantenimiento. El proceso se presenta en etapas, donde se identifican las condiciones de la acción, las estrategias (o lo que las personas hacen para resolver los problemas a los que cotidianamente se enfrentan) y sus efectos denominadas consecuencias. El análisis de datos en la teoría fundamentada se hace a través de la codificación, la realización de memos analíticos y diagramas; tiene por fin descubrir categorías, desarrollarlas, relacionarlas y saturarlas, todo ello alrededor del proceso básico de la propia operativa de mantenimiento. Mediante las técnicas de observación, se confirman las conclusiones extraídas, se reafirman o rechazan procesos, y posiciona al investigador dentro de la naturaleza del área investigada, por observación directa de la realidad.

7. Conclusiones

Frente a las técnicas de investigación cuantitativas, normalmente utilizadas en el mantenimiento industrial, se observa la necesidad del uso de métodos cualitativos, cuando se quiere investigar no sólo sobre el comportamiento físico de los componentes o elementos, sino en investigar procesos generales, que aunque relacionados directamente con los datos cuantitativos observados, conlleva un factor humano que intersecciona directamente con los procesos físicos



relacionados. Los procesos de la actividad de mantenimiento, caracterizados con un alto factor humano, con un alto grado de conocimiento tácito, hace que el uso combinado de diversas técnicas de investigación cualitativa, hace aflorar nuevo conocimiento en temas relacionados con el desempeño diario, tales como la fiabilidad operativa de la empresa, la eficiencia energética y los procesos de mantenibilidad, que redundan en una menor tasa de fallo, un menor tiempo de reposición de servicio o disponibilidad, una mejora del uso de la energía y un abaratamiento de los procesos de mantenimiento que hacen aumentar su productividad. Todo ello se traduce en una mayor eficiencia global de la empresa, unos mejores resultados económicos, un aumento en la vida útil del equipamiento e instalaciones. Un análisis de información, para que resulte confiable, debe combinar la investigación cuantitativa y la cualitativa, desde el inicio del mismo, para alcanzar una visión global de todos los factores, por un lado los cuantificables por medición directa (cuantitativos), junto los aspectos más subjetivos y difíciles de interpretar que son todos los que toman parte el factor humano en su utilización.

El empleo de ambos procedimientos cuantitativos y cualitativos en una investigación podría ayudar a corregir los sesgos propios de cada método.

La principal limitación de la presente investigación es la generalización de los resultados. Este artículo a tratado de plasmar la visión e impresiones del investigador, en una primera fase exploratoria, ante la utilización de técnicas de investigación cualitativas en el estudio del mantenimiento industrial, y no en sí, los propios resultados finales de una investigación, que serán profundizados en nuevos estudios que se están llevando a cabo. Al tratarse de una investigación cualitativa, la generalización de los resultados se basan principalmente en el desarrollo de una teoría que pueda ser extendida a otros casos y no en cómo estos resultados pueden ser extrapolados a una población (Maxwell, 1996).

8. Referencias

- Alonso LE. (1999). "Sujeto y discurso: el lugar de la entrevista abierta en las prácticas de la sociología cualitativa". Madrid: Síntesis; p.p. 225-240.
- Álvarez-Gayou, J. L. (2005). Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología. Edit. Paidós. Barcelona.
- Baez, J. (2007). Investigación cualitativa. Esic Editorial, Madrid.
- Blasco, T.; Otero, L. (2008a). Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa: La entrevista (I). Nure Investigación, nº 33, Marzo - Abril 08.
- Blasco, T.; Otero, L. (2008b). Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa: La entrevista (II). Nure Investigación, nº 34, Mayo - Junio 08.
- Blumer, H. (1969). Symbolic Interactionism. Englewoods Cliffs. Prentice-Hall, New Jersey.
- Boddy, C. (2005). Projective techniques in market research: valueless subjectivity or insightful reality?. International Journal of Market Research, Quarter 3, Vol. 47 Issue 3, pp.239-254.
- Bonache, J. (1999): "El estudio de casos como estrategia de construcción teórica: características, críticas y defensas", Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa, nº 3, enero-junio, pp. 123-140.
- Bravo, M; Arrieta, J. (2010). El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. Revista Iberoamericana de Educación.
- Cabrero L, Richart, M. (1996). El debate investigación cualitativa frente a investigación cuantitativa Enfermería clínica, 1996; 6: 212-217.
- Campbell D, Stanley J. (1982). Diseños experimentales y cuasi experimentales en la investigación social. Buenos Aires: Amorrortu Editores; 1982.
- Cano, A. (2008). Técnicas conversacionales para la recogida de datos en investigación cualitativa: El grupo de discusión (I). Nure Investigación, nº 35, Julio – Agosto 08.
- Carrero, V., Soriano, R. M., Trinidad, A. (2006). Teoría fundamentada <Grounded theory>. La construcción de la teoría a través del análisis interpretacional. Madrid, Edit. CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas).
- Cea D'Áncora, M.A. (1999). Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social. Madrid: Síntesis.
- Chenobilsky, LB. (2006). El uso de la computadora como auxiliar en el análisis de datos cualitativos. "Estrategias de Investigación



- Cualitativa". Gedisa. Barcelona.
- Cornejo, M. y Salas, N. (2011). Rigor y Calidad Metodológicos: Un Reto a la Investigación Social Cualitativa. *Psicoperspectivas*, 10 (2), 12-34.
- Creswell, J. (2005). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. Upper Saddle River: Pearson Education.
- De la Cuesta, C. (2006). Estrategias cualitativas más usadas en el campo de la salud. *Nure Investigación*, nº 25, Noviembre-Diciembre 06.
- Deegan MJ, Hill, M. (1987). *Women and symbolic interaction*. Boston: Allen and Unwin; 1987. p.p. 84-85.
- Glaser, B., G. y Strauss, A., L. (1967) *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine.
- González, F. y Villegas, M. (2009). Fundamentos epistemológicos en la construcción de una metodología de investigación. *Atos de Pesquisa em Educação*, 4(1), 89-121.
- González, T.; Cano, A. (2010). Introducción al análisis de datos en investigación cualitativa: concepto y características (I). *Nure Investigación*, nº 44, Enero – Febrero 10.
- González, T; Cano, A. (2010). Los softwares como recurso de apoyo al procesamiento y organización de los datos cualitativos. *Nure Investigación*, nº 47, Julio – Agosto 10.
- Goulding, C. (2005). Grounded theory, ethnography and phenomenology. *“European Journal of Market-ing”*, 39(3/4), pp. 294-308.
- Gutiérrez, J. (2011). Grupo de Discusión: ¿Prolongación, variación o ruptura con el focus group? . *Cinta moebio* 41: 105-122.
- Hernández R, Fernández C, Baptista P. (2003). *Metodología de la Investigación*. Mac.Graw Hill.
- Herzberg, F. (1968). One more time: how do you motivate employees? *Harvard Business Review*, January/February.
- Ibañez J. (1994) *El regreso del sujeto. La investigación social de segundo orden*. Madrid: Siglo XXI; 1994. p.p.77-84.
- Ibáñez J. (1989). Cómo se realiza una investigación mediante grupos de discusión. En: Ibáñez J, Alvira, F: *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*. 3ª ed. Madrid: Alianza Editorial; 1989.p. 283-297.
- Ibáñez, J. (1979). Más allá de la sociología. *El grupo de discusión: técnica y crítica*. Madrid: Siglo XXI.
- Johnston, W., Leach, M., Liu, A. (1999). “Theory testing using case studies in business-to-business research”, *Industrial Marketing Management*, Vol. 28, pp. 201-213.
- Jones, D., Manzelli, H., Pecheny, M. (2004). Grounded theory. Una aplicación de la teoría fundamentada a la salud. “Cinta de Moebio: Revista Electrónica de Epistemología de Ciencias Sociales”, (19), pp. 56-67.
- Linstone, H.A.; Turoff, M. (1975). *The Delphi method: Techniques and applications*. Reading, MA: Addison Wesley Publishing.
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, 20. Universidad del Norte, 165-193.
- Martínez, M., (2006). La investigación cualitativa (Síntesis conceptual). *Revista de investigación en psicología*. Vol. 9, Nº 1. pp. 123 – 146.
- Maslow, A. (1954). *Motivation and Personality*. Harper and Brothers, New York..
- Maxwell, J. A. (1996). *Qualitative Research Design. An Interactive Approach*. California: Sage Publications.
- Mayo, E. (1945). *The Social Problems of an Industrial Civilisation*. HGS & A. Boston.
- Alonso LE. (1999). “Sujeto y discurso: el lugar de la entrevista abierta en las prácticas de la sociología cualitativa”. Madrid: Síntesis;p.p. 225-240.
- Mccutcheon, D., Meredith, J. R. (1993): “Conducting case study research in operations management”, *Journal of Operations Management*, Vol. 11, pp. 239-256.
- McGregor, D. (1960). *The Human Side of Enterprise*. McGraw Hill, New York.
- Mejía, J. (2011). Problemas centrales del análisis de datos cualitativos. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*. Nº1. Año 1. Abril - Sept. de 2011. Argentina.. Pp. 47 - 60.
- Mucchielli, R. (1970). *El método del caso*. Ibérico europea de ediciones. Madrid.
- Mucchielli, R. (1972). *Preparación y dirección de reuniones de grupo*.. Ibérico europea de ediciones. Madrid.
- Mucchielli, R. (1977). *La dinámica de grupos*. Ibérico europea de ediciones. Barcelona.
- Nonaka, I. ; Takeuchi, H. (1995): *The knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, New York.
- Parisca, S. (1995). El método Delphi. *Gestión tecnológica y competitividad*. En Parisca, S. *Estrategia y filosofía para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión impresional*. La Habana: Academia, 129-130.
- Pita, S., Pértegas, S. (2002). *Investigación cuantitativa y cualitativa*. Cuadernos Atención Primaria 2002; 9: 76-78.



- Polanyi, M. (1958). *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. University of Chicago Press.
- Polanyi, M. (1967). *The Tacit Dimension*. University of Chicago Press. (1967)(2009 reimpresso).
- Polit, D.; Hungler, B. (2000). Investigación científica en Ciencias de la salud (pp. 249-266). Mc. Graw- Hill Interamericana.
- Reichart, ChS, Cook, TD. (1986) Hacia una superación del enfrentamiento entre los métodos cualitativos y cuantitativos. En: Cook TD, Reichart ChR (ed). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Morata,1986.
- Ruiz, J.; Ispizua, M. A. (1989). La técnica Delphi. En Ruiz Olabuénaga, J. e Ispizua, M. A. *La descodificación de la vida cotidiana. Métodos de investigación cualitativa*. Bilbao, 171-179.
- Salamanca, A; Martín-Crespo, C. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*, nº 27, Marzo-Abril 07.
- Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Rev. Cubana Salud Pública*. 2007;33(2).
- Serbia, J. (2007). Diseño, muestreo y análisis en la investigación cualitativa. HOLOGRAMÁTICA – Facultad de Ciencias Sociales – UNLZ - Año IV, Número 7, V3 (2007), pp. 123 – 146.
- Sisto, V. (2008). La investigación como una aventura de producción dialógica: La relación con el otro y los criterios de validación en la metodología cualitativa contemporánea. *Psicoperspectivas*, 7, 114-136.
- Soler, P.; Fernández, B. (2010). La Grounded Theory y la investigación cualitativa en comunicación y marketing. *REVISTA ICONO* 14, 2010, Año 8, Vol. 2, pp. 203-213.
- Sols, A; “Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico”, Comillas, Madrid (2000).
- Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge, Edit. University Press.
- Valles, M. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social: reflexión metodológica y práctica profesional*, Madrid: Síntesis.
- Valles, M. (2002). *Entrevistas cualitativas. Cuadernos metodológicos nº 32*. Centro de Investigaciones Sociológicas; 2002.
- Villarreal, O.; Landeta, J. (2010). El estudio de casos como metodología de investigación científica en dirección y economía de la empresa. *Investigaciones Europeas*, Vol. 16, Nº 3, 2010, pp. 31-52.
- Villegas, M.M. y González, F. (2011). La investigación cualitativa de la vida cotidiana. Medio para la construcción de conocimiento sobre lo social a partir de lo individual. *Psicoperspectivas*, 10 (2), 35-59.
- Wiersma, W. (1995). *Research methods in education: An introduction* (sexta edición). Boston: Allyn and Bacon.
- Yin, R. K. (1989). *Case Study Research: Design and Methods*, Applied social research Methods Series, Newbury Park CA, Sage.
- Yin, R. K. (1998): “The Abridged Version of Case Study Research”, en BICKMAN, L. y ROG, D. J. (eds.): *Handbook of Applied Social Research Methods*, Sage Publications, Thousand Oaks, pp. 229-259.
- Yin, R.K. (1993). *Applications of Case Study Research*, Applied Social Research Methods Series (Vol. 34), Newbury Park, CA, Sage.
- Yin, R.K. (1994). *Case Study Research – Design and Methods*, Applied Social Research Methods (Vol. 5, 2nd ed.), Newbury Park, CA, Sage.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
Capítulo VI	Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V	Capítulo V



4.2. La “materia oscura” del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. Una aproximación cualitativa al problema.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
Capítulo VI	Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V	Capítulo V



La “materia oscura” del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. Una aproximación cualitativa al problema.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: Las técnicas operativas de mantenimiento industrial, están ampliamente estudiadas desde el punto de vista de los sistemas, equipos o maquinaria intervinientes en la operatividad del proceso o servicio que debe prestar dicha empresa con alto componente de instalaciones. Se ha visto con gran puntualización los procesos de fallo de los elementos tangibles, con el fin de reducir la tasa de fallo de dichos elementos técnicos, sin embargo existe un elemento, muchas veces olvidado, otras veces obviado, que sin embargo, una vez analizado, se convierte en uno de los elementos más influyentes en la mejora operativa y reducción del tiempo de reposición o actuación ante el fallo en las acciones tácticas del mantenimiento industrial: El conocimiento tácito. En este estudio, se ha podido comprobar que dicho factor puede influir, en valores superiores en más de 3000%, en los tiempos de resolución de fallos, con el valor añadido en numerosas ocasiones, de ser uno de los factores que analizado al principio, supone un menor coste en el proceso de reducción final de dicha tasa de reposición o fallo, así como la reducción de costes (muchas veces asumidos) que se plantean por la interrupción del proceso de producción final de la empresa (industrias con procesos productivos para generación de un producto) o por el servicio a prestar en el caso de empresas de servicios (hoteles, edificios oficinas, centros comerciales, etc.). Esto sugiere una revisión o superación, siquiera parcial, de estos sistemas, introduciendo la variable del conocimiento tácito, factor subjetivo y difícil de medir, que sin embargo afecta de manera incipiente en todos los procesos del mantenimiento industrial, y por ello en la eficiencia y productividad de los procesos o servicios de la empresa.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Factor humano, Gestión del conocimiento, Conocimiento tácito, Proceso del fallo, Gestión del capital intelectual.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

Analizar en que afecta el factor “conocimiento tácito” en los procesos tácticos fundamentales del mantenimiento industrial es el objetivo fundamental de esta investigación. Dicho factor, con un alto componente de subjetividad (Stern, 1989; Polanyi, 1967,1958), se puede considerar como un elemento altamente intrínseco al personal afecto a la actividad, y al ser raramente investigado en el campo de esta operativa industrial, se puede considerar como una “materia oscura”, difícil de observar y en mayor amplitud, con alta dificultad en su medición, y sin embargo, componente fundamental en la eficiencia humana en los procesos de decisión y fallo (Dhillon et al., 2006; Marquez et al., 2006; Hobbs et al., 2003, 2002; Jo et al., 2003; Rankin et al., 2002; Sasou et al., 1999; Vidal et al., 2002; Wiegmann et al., 2001; Ferdows, 2006) .

Es por ello necesario, proponer algunas cuestiones para clarificar el tema: ¿Afecta el conocimiento tácito al tiempo de acoplamiento de nuevo personal a la actividad de operación y mantenimiento de edificios industriales o de servicios?, ¿En qué medida afecta a la resolución de fallos o paradas en dichas estructuras técnicas?, ¿Qué otros aspectos tácticos de la ingeniería del mantenimiento se ven afectados, por un alto componente de información tácita?, ¿Cómo se puede medir el nivel de información no registrada o tácita?, ¿Es posible la captura del conocimiento tácito y transformarlo en explícito y útil?, ¿Qué carga económica representa?.

Dichas preguntas, aunque puedan parecer obvias, y conocidas por el personal afecto a los servicios técnicos de mantenimiento, normalmente se pueden dar como no resueltas, dado que dicha medición para responderlas afectan a numerosos factores de difícil medida cuantitativa.

Para responder a las cuestiones anteriormente indicadas, se ha procedido al análisis de los componentes que pueden afectar a la gestión del conocimiento en los servicios técnicos de mantenimiento de varias empresas, en lo referente a su nivel de información no registrada, mediante técnicas de investigación cualitativas basados en la teoría fundamentada “Grounded Theory” (Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967), con entrevistas preparadas y analizadas en un entorno industrial medio real. Se analizarán los puntos de partida en cuanto a las carencias observadas en relación a la gestión del conocimiento en el entorno de la actividad de mantenimiento.

Mediante esta investigación se pretende hacer una aproximación a identificar el carácter del conocimiento tácito que está presente de una manera muy intensa en todas las organizaciones de mantenimiento industrial y caracterizar los factores sobre los que incide, que afectan directamente a la operatividad y eficiencia de la propia organización técnica de mantenimiento e indudablemente sobre los factores tácticos de la empresa. Para tal efecto, se han realizado entrevistas con personal técnico y mandos de organizaciones de mantenimiento de diversas empresas, de sectores diferentes en la Comunidad Valenciana. Para el estudio y análisis de datos se utiliza la metodología de Teoría Fundamentada (*Grounded Theory*) (Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967), una metodología de investigación cualitativa novedosa en el estudio de la actividad de mantenimiento industrial, pero ampliamente utilizada en otras áreas y en especial en las ciencias sociales (Eich, 2008; Douglas, 2004; Partington, 2000). Con esta metodología se tratará de clarificar la incidencia y los obstáculos en la transmisión del conocimiento en esta área fundamental en la empresa, y marcar las condiciones para plantear los métodos para hacerla más fluida.

El artículo introduce en la problemática existente, a continuación se detalla el marco teórico y la metodología empleada. Posteriormente, se presentan los resultados, la discusión de los mismos

y las conclusiones del artículo.

2. El efecto de la transmisión del conocimiento en el mantenimiento industrial.

Las empresas se ven obligadas a actuar sobre los factores que afectan a su nivel competitivo. El mantenimiento industrial tiene por objetivo principal conseguir una utilización óptima de los activos productivos de la compañía, manteniéndolos en el estado requerido para una producción eficiente con unos costes mínimos (Tianqing et al., 2009; Pintelon et al., 2006; Eti 2006a, 2006b, 2006c), así como reducir los tiempos de parada no programados.

El mantenimiento industrial, como cualquier actividad humana, precisa de unos niveles de información y conocimiento que definen su eficacia, con múltiples modelos desarrollados por la técnica actual (Al-Najjar et al., 2003; Alardhi et al., 2007; Barata et al., 2002; Cadini et al., 2009; Chen, 2006; Chung et al., 2010; Chien et al., 2010). La gestión del conocimiento, desde una visión como proceso, está integrada por la generación, la transferencia y la utilización del conocimiento dentro de la empresa (Wiig, 1997). El conocimiento es generado y transmitido por distintos medios que no son genéticos. Es por ello que se aplican dos tipos de conocimiento, el conocimiento tácito y el explícito. Es por ello preciso, analizar el proceso de creación y transferencia del conocimiento en las organizaciones identificando el stock de conocimiento que posee y cómo se usa para generar nuevo conocimiento (Camelo, 2000), que marque una sinergia adecuada entre mantenimiento y los procesos de la planta de producción (Goel et al., 2003; Jin et al., 2009; Liu et al., 2004;

El conocimiento tácito es aquel usado por los individuos, organizaciones o empresas para lograr alcanzar un propósito práctico, pero este propósito no se puede explicar o comunicar de manera sencilla. Aquí entra la inteligencia de los individuos para interpretar la información o el conocimiento generado a partir de este. Quizá la única forma de comunicar este conocimiento es a través de relación “maestro-aprendiz”. Las habilidades de los individuos es una importante clase de conocimiento tácito, de aquí que nace la idea de la relación, con el fin de enseñar inteligentemente las habilidades que tiene un individuo a otro.

El conocimiento tácito es acumulado por el hombre, y por su propia característica no puede ser articulado ni expresado formalmente, teniendo un alto componente intuitivo (Polanyi, 1967). Está compuesto por ideas, intuiciones y habilidades, internamente arraigado en las personas, que influye en su manera de comportarse y que se manifiesta a través de su aplicación (Grant, 1996). Por esas características es difícil de compartir con otros, haciendo difícil, lento e incierto su transferencia entre las personas (Kogut y Zander, 1992). Este conocimiento tiene un gran interés estratégico en la empresa, dado que marca sus habilidades y el “saber hacer” o know how (Polanyi, 1967), y puede definir las prácticas de la empresa (Kogut y Zander, 1992), y por consiguiente en la actividad de mantenimiento.

El conocimiento explícito en cambio, es aquel que puede ser representado o expresado formalmente de acuerdo a una codificación y que se puede comunicar fácilmente. Este tipo de conocimiento puede ser transmitido mediante lenguaje formal y de una forma estructurada. Los dos conocimientos son complementarios, el conocimiento explícito debe ser tácitamente entendido y aplicado, es decir, el conocimiento explícito debe aplicar mecanismos que permitan a los individuos aprender, interpretar y entender el contenido codificado.

El otro tipo de conocimiento, el explícito se puede cuantificar, tiene forma y se recoge en documentos y fórmulas. También se le ha definido (Zapata, 2001) como aquella información documentada que facilita la acción. Es el tipo de conocimiento al que la cultura occidental ha

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

prestado más importancia, por ser relativamente más sencillo de documentar y compartir usando números y palabras, y porque bajo el paradigma de la organización como una máquina de procesar información es el que mejor se adapta (Nonaka y Takeuchi, 1995). Es el conocimiento que puede ser comunicado o transmitido de un individuo a otro en mediante el lenguaje formal y sistemático, de manera que quien lo recibe llega a obtener el mismo conocimiento que el emisor, sin que su transferencia lo destruya o desgaste. Su principal característica es que es fácil de transferir al no requerir medios o mecanismos complejos (Zapata, 2001).

Las organizaciones deberían ser estudiadas a través de sus procesos internos, desde el punto de vista de cómo éstas crean y transfieren conocimiento (Nonaka, 1994; Nonaka y Takeuchi, 1995; Kogut y Zander 1992).

De todo lo argumentado se extrae la necesidad de capturar, administrar, almacenar, transferir y difundir el conocimiento de nuestra organización y el entorno que la rodea para que la organización sea capaz de integrar eficazmente la percepción, la creación de conocimiento y la toma de decisiones se pueda describir como una organización inteligente [Choo, 1999]. Es en la organización de mantenimiento, por sus propias características de funcionamiento y experiencia requerida, donde se haga mas acuciente analizar los efectos de su gestión del conocimiento, y en especial el tácito.

El mantenimiento se puede definir en un enfoque Kantiano. El enfoque sistémico kantiano plantea la posibilidad de estudiar y entender cualquier fenómeno, dado que define que cualquier sistema está compuesto básicamente por tres elementos: personas, artefactos y entorno (Mora, 2005). Dentro de este sistema, y tal como se ha comentado, se plantea en concreto abordar esa transferencia de conocimiento que sin duda existe en la relación entre los tres elementos (Figura 1.), y que es de gran transcendencia en las funciones requeridas a los servicios de mantenimiento.

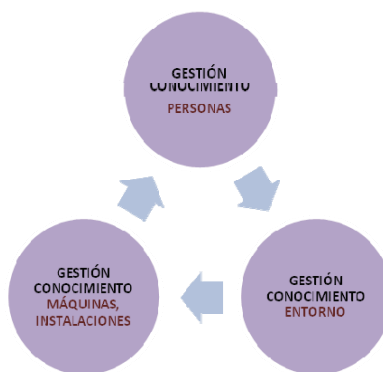


Figura 1: Enfoque Kantiano de la actividad de mantenimiento en relación a la G.C.. Fuente: elaboración propia.

Los humanos no están nunca separados del universo que observan, sino que participan personalmente en él, y por tanto no se puede desarrollar el conocimiento "objetivo" puro y no sesgado. Las destrezas humanas, los prejuicios, y las pasiones no son defectos sino que juegan un papel importante y necesario guiando el descubrimiento y la validación (Polanyi,1958).

En este artículo se considera que el conocimiento que se acumula en una empresa (entorno), en su actividad y explotación técnica es la base de la que se deriva gran parte de las soluciones

necesarias y convenientes para el desempeño con mayor eficiencia conforme a los niveles de desempeño de mantenimiento que han fijado sus órganos de decisión (Figura 2).

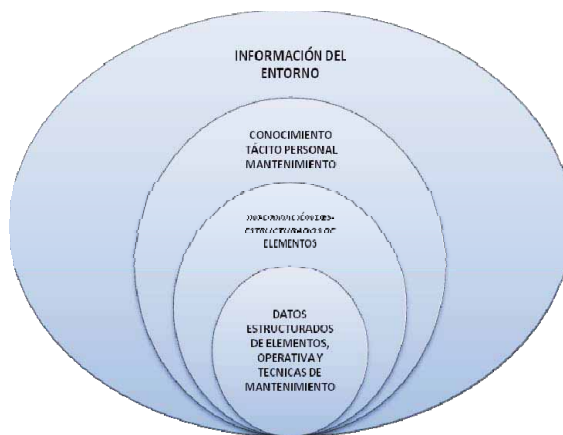


Figura 2: Conjunto de información y conocimiento en entorno empresa. Fuente: elaboración propia.

Es precisamente esta base del conocimiento, la que suele estar des-estructurada, en islas de conocimiento, con lo cual sólo es utilizada en pequeña medida.

3. Consecuencias de la mala gestión del conocimiento. Análisis de casos.

En base a entender la problemática de una manera simple, se pueden citar varios ejemplos (extraídos de las experiencias en base a las entrevistas realizadas en la investigación), que aunque evidentes, y que se suelen producir con relativa frecuencia en el conjunto de las empresas industriales o de servicios, hacen mostrar la escasa o nula gestión del conocimiento en el desempeño del mantenimiento industrial, y donde se observa de manera incipiente el peso del conocimiento tácito, y que afecta a la cadena del proceso colaborativo en relación al conocimiento entre los órganos intervinientes (Whipple et al., 2007):

- a) Fallo esporádico de un sistema de protección y acoplamiento de baja tensión en una instalación industrial (Figura 3):

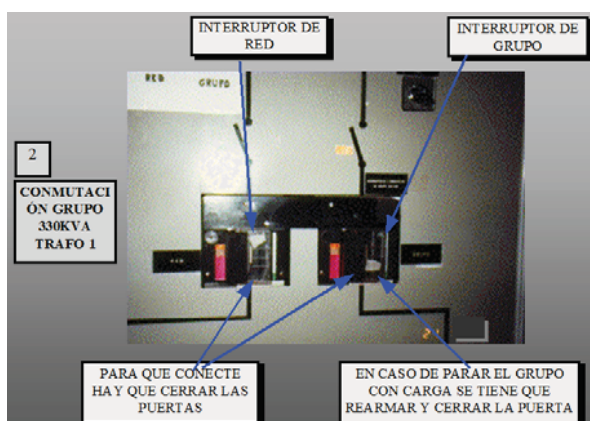


Figura 3: Detalle de Interruptor de potencia y acoplamiento en BT. Fuente: elaboración propia.



En este caso se produce un disparo intempestivo de un acoplamiento de potencia en baja tensión, que no se tenía constancia anteriormente de haberse producido. El personal de mantenimiento que acude a su reposición, no consigue rearmarlo (por desconocer el manejo intrínseco de dicho material), se hacen todo tipo de pruebas aguas abajo sin conseguirlo y se intenta buscar la documentación de operación del elemento (Dicha documentación almacenada entre miles de hojas de información). Se tarda en reponer en un periodo de 2,5 horas, ocasionando pérdidas por no producción de 190.000 €. Tal y como se ve en la figura 3, con el conocimiento básico del elemento, su tiempo de reposición debería haber sido de escasos 5 minutos. El personal que operó la avería, no transcribió de manera fehaciente dicho registro, con lo que pasados más de dos años de esa avería, se vuelve a repetir, no estando ninguno de los miembros de mantenimiento que actuó la vez anterior, dando como consecuencia que el nuevo personal que actuó, volvió a resolverla en un tiempo superior a las 3 horas, teniendo como consecuencia unas pérdidas equivalentes a la vez anterior. En la tabla 1, se muestra una relación de la repercusión económica según el tiempo en fallo sobre el gasto soportado por no producción de la empresa de este ejemplo a).

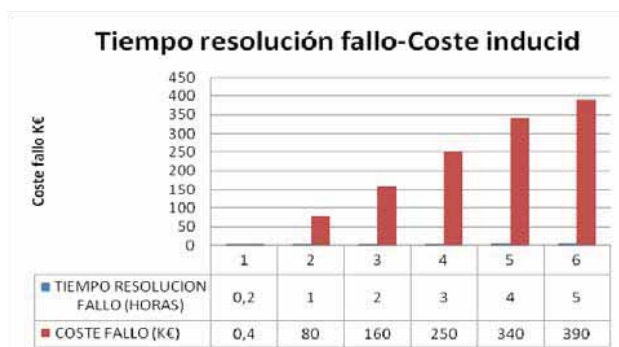


Tabla 1: Relación tiempo fallo-coste del ejemplo a). Fuente: elaboración propia.

- b) Mantenimiento preventivo y maniobras en grupo electrógeno de emergencia de 705 KVAs (Figura 4):

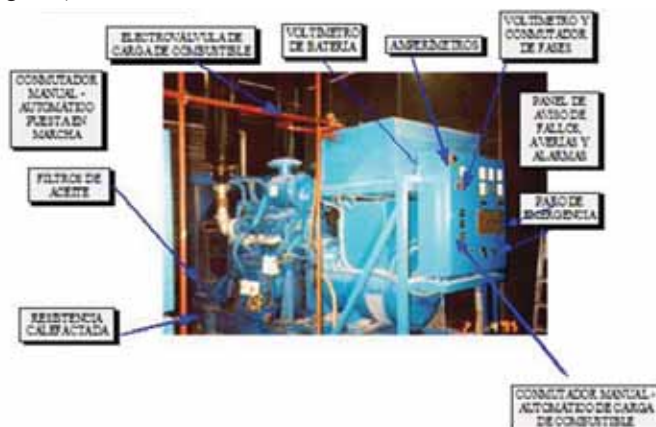


Figura 4: Detalle de Grupo electrógeno 705 KVAs. Fuente: elaboración propia.

Ante la entrada en la empresa de un nuevo técnico de mantenimiento, se produce un tiempo de acoplamiento para tener la misma pericia y desempeño en los mantenimientos preventivos y operación de los equipo, que el resto del personal con antigüedad en varios años. Esta transmisión del conocimiento se produce por el resto de compañeros de mayor antigüedad de la organización, siendo durante esa etapa de formación un coste asumido por la empresa. Dicho tiempo de acoplamiento oscilaba en este caso de aproximadamente 14 meses, para ser completamente operativo y autónomo en las actividades normales de la empresa donde desempeña su función, siendo un gasto que puede oscilar en función del nivel salarial del personal, así como otros gastos inducidos por esa falta de operatividad, y aumento de tiempo de resolución ante averías o maniobras.

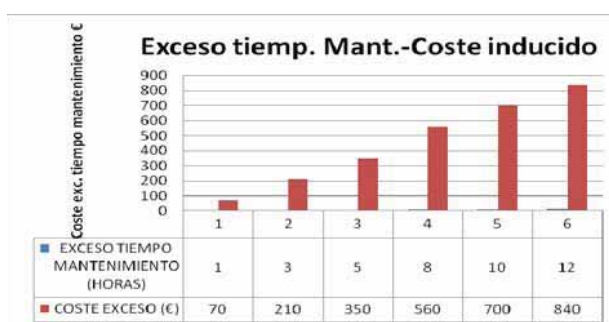


Tabla 2: Relación tiempo fallo-coste del ejemplo a). Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior (tabla 2), se indican los costes por el tiempo de acoplamiento del personal de nuevo ingreso en la empresa. Estos costes además de ser una carga improductiva en la empresa, suponen un lastre para el resto de los miembros de la organización durante dichos periodos de acoplamiento. Estos costes, muchas veces no analizados por las empresas, tienen un carácter elevado en empresas donde el ciclo de renovación de personal es importante.

- c) Maniobras en redes de distribución de energía eléctrica a 20 KV, ante averías o disparo de líneas.

En empresas distribuidoras de energía eléctrica, tradicionalmente, y dado la gran dispersión territorial que pueden tener las redes de distribución eléctrica de una zona, las reposiciones o maniobras operativas de líneas, son realizadas por personal ya acoplado a dicha zona de trabajo. El problema reside, que aunque los elementos de maniobra (figura 5) y operación son pocos en comparación a una instalación industrial, debido a la dispersión de dichos elementos a nivel territorial, que se deben conocer donde están situados, de qué manera llegar hasta allí (muchas veces a través de caminos o zonas que no están reflejados en planimetrías tradicionales), y que hacen que el nuevo personal asignado a esa zona tenga un tiempo de acoplamiento importante, la dificultad para utilizar personal con experiencia de otra zona, y como consecuencia directa un aumento de tiempo para las reposiciones de servicio, disminución de la fiabilidad operativa (en ocasiones sólo el desconocimiento del camino de entrada para el acceso a la maniobra de un seccionador conlleva retraso de horas en la reposición de servicio) y un coste económico para la empresa distribuidora, no sólo por el tiempo de acoplamiento del nuevo personal (puede oscilar en más de 24 meses), sino por la energía no comercializada por dicha falta de operatividad.

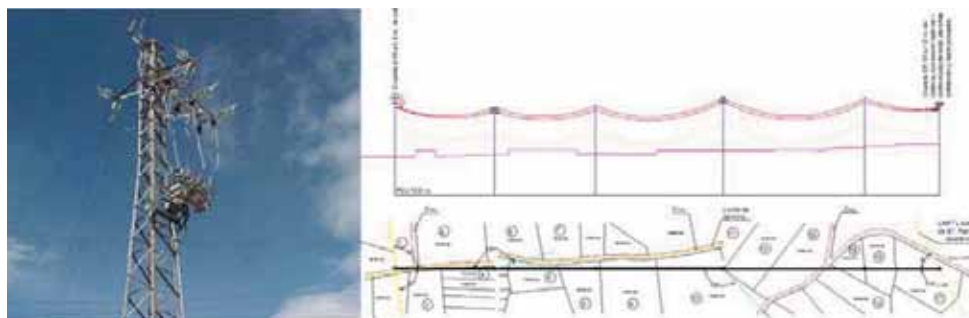


Figura 5: Elemento maniobra red 20 KV y plano distribución de red. Fuente: elaboración propia

- d) Disminución de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial por desconocimiento de la información operativa de todo el sistema:

El estudio de la mejor política de uso y eficiencia de la energía es vital para la empresa y sus procesos (Sorrell et al., 2004; Weber, 1999; Schleich et al., 2004^a, 2004^b; Rohdin et al., 2006, 2007; Lowe et al., 2008; Thollander et al., 2007; Palm et al., 2010). Con relativa frecuencia, en equipos críticos y que utilizan intensivamente energía para partes importantes del proceso de la empresa, se realiza un mantenimiento preventivo correcto, pero debido a la dispersión de la información, la falta de análisis inicial y la propia inercia de trabajo de los servicios de mantenimiento, hace que no se estudien en profundidad las acciones de eficiencia energética que se pueden introducir en el elemento, y las relaciones de eficiencia que se pueden tener en cuenta de los elementos aislados en función al sistema global (Cárcel, 2010). Muchas de esas acciones o propuestas pueden ser captadas por los propios técnicos de mantenimiento que operan en la empresa, pero son mal transmitidas u olvidadas por los órganos de mando del departamento de mantenimiento. Se observa en estas actividades un defecto en la transmisión y aplicación del conocimiento para conseguir una mejora de la eficiencia energética. Estas acciones de eficiencia energética en una instalación de refrigeración industrial (Figura 6, Tabla 3), no sólo dependen de un elemento aislado (compresor), sino que se debe observar la influencia de combinar velocidad con volumen de corredera y presión de aspiración, entre otros factores. En este ejemplo, acciones de análisis y mejora del conocimiento de dichas instalaciones, produjeron ahorros energéticos por la actuación de uno sólo de los compresores (tabla 1.x) de 180.000 KWhe, y de manera global en todo el sistema de 380.000 KWhe anuales, así como una mejora en el conocimiento por parte del personal de mantenimiento, y como consecuencia una mejora de la fiabilidad y mantenibilidad de los equipos.



Figura 6: Gráfica operación compresor e imagen de grupos frigoríficos. Fuente: elaboración propia.

COMP. A9		Pot Abs (kW)	Pot frigorif (kW)	COP (sin VSD)	Pot Abs (kW)	COP (VSD)	Ahorro específico	Ahorro estimado (kWh)
Capacidad (%)	Tiempo							
95-100	13,53%	270,10	403,9	1,50	278,20	1,45	2,00%	6,404
90-95	4,98%	259,00	354,9	1,37	248,84	1,43	-3,92%	-4,429
85-90	4,31%	251,80	323,5	1,28	230,30	1,40	-8,54%	-8,125
80-85	3,89%	245,40	294,8	1,20	213,31	1,38	-13,08%	-10,929
75-80	3,40%	239,50	268,4	1,12	197,55	1,36	-17,52%	-12,513
70-75	2,86%	234,00	243,9	1,04	182,82	1,33	-21,87%	-12,809
65-70	2,44%	229,00	221,1	0,97	169,23	1,31	-26,10%	-12,765
60-65	2,84%	224,30	199,5	0,89	156,04	1,28	-30,43%	-16,979
55-60	2,84%	207,60	164,0	0,79	136,06	1,21	-34,46%	-17,787
50-55	7,07%	204,70	152,1	0,74	131,84	1,15	-35,59%	-45,119
45-50	0,71%							
40-45	0,75%							
35-40	0,74%							
30-35	0,86%							
25-30	0,86%	191,10	95,0	0,50	111,54	0,87	-42,86%	-49,471
20-25	0,87%							
15-20	0,84%							
10-15	1,27%							
0-10	44,95%	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Tabla 3: Tabla operación compresor en función de su capacidad y ahorro energético estimado. Fuente: elaboración propia.

e) Conducción operativa de instalaciones en un entorno de grandes dimensiones:

En entornos de grandes dimensiones como pueden ser un gran centro comercial, un parque de ocio o temático, hoteles, grandes industrias, etc., ante la operación de las instalaciones (puesta en marcha de sistemas de climatización, rearmado de interruptores de protección ante disparos fortuitos, etc), normalmente estas operaciones que consisten en operar un elemento que se encuentra en una zona diferente a la zona que queremos restablecer o poner en servicio (figura 7), maniobras que en sí son sencillas, suponen un tiempo importante cuando el personal que debe hacer dicha maniobra (aún teniendo experiencia como técnico de mantenimiento), desconoce donde se encuentra dicho cuadro eléctrico, o la procedencia del cuadro aguas arriba del elemento a reponer (Está en otra zona, o se encuentra dentro de un patinillo técnico no identificado, o la válvula de maniobra esta en una zona poco accesible y se ha manipulado en pocas ocasiones). Esta pérdida de operatividad (más evidente en entornos en los que el personal de mantenimiento suele estar subcontratado y suele variar la plantilla con relativa frecuencia), se muestra durante los primeros meses de acoplamiento de personal (Disminuye cuando acumulan el conocimiento tácito por la experiencia en el sitio), suponen una pérdida importante para la empresa, no sólo por la falta de operatividad hasta el acoplamiento del personal, sino debido a la repercusión del tipo de fallo (mayor tiempo en reponer el servicio), y repercusión sobre el



producto producido o servicio a prestar.

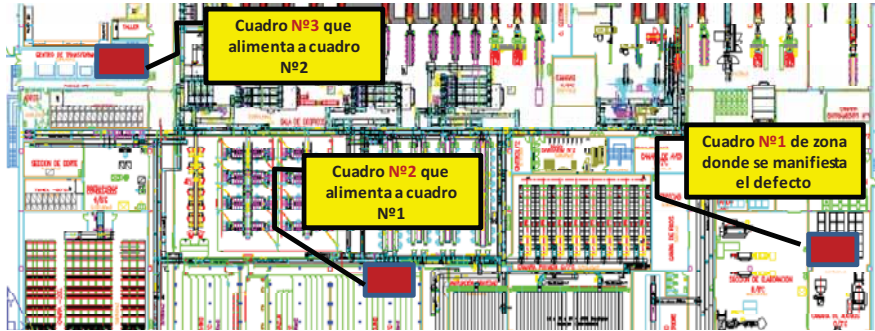


Figura 7: Cuadros eléctricos en una red radial en entornos de grandes superficies. Fuente: elaboración propia.

Después de aclarar la problemática existente se pueden plantear las hipótesis de trabajo sobre las que se va a sustentar la presente investigación, para hacer una aproximación cualitativa al problema:

- 1) H1: La inadecuada gestión del conocimiento, en especial el tácito, induce como consecuencia un *elevado tiempo de acoplamiento operativo* del nuevo personal de mantenimiento.
- 2) H2: La inadecuada gestión del conocimiento, en especial el tácito, induce como consecuencia un *elevado tiempo de respuesta operativa ante fallos o maniobras* de las instalaciones o equipos de la empresa.
- 3) H3: La inadecuada gestión del conocimiento, en especial el tácito, induce como consecuencia un *empeoramiento en la eficiencia energética de los sistemas* de la empresa.
- 4) H4: La inadecuada gestión del conocimiento, en especial el tácito, induce como consecuencia una *disminución en la eficiencia en la mantenibilidad de los activos tangibles* de la empresa.
- 5) H5: La adecuada Gestión del Conocimiento por parte de la organización de mantenimiento, puede influir de manera positiva sobre la operatividad de la empresa y unión de equipos de trabajo.

En consecuencia, el futuro de una organización de mantenimiento estará condicionado según la idoneidad y pertinencia del conocimiento que las entidades de éste obtengan, generen, apliquen, apropien, difundan y exploten al resolver sus diversas problemáticas que constituyen las barreras para alcanzar su mayor eficiencia operativa.

Se ha utilizado para extraer las conclusiones del efecto del conocimiento tácito en la actividad de mantenimiento, técnicas cualitativas basadas en la teoría fundamentada, para observar su

implicación en sus misiones tácticas fundamentales como son la fiabilidad de los sistemas, la mantenibilidad, operatividad y eficiencia energética.

4. El mantenimiento industrial y el conocimiento tácito.

No se entra a formalizar el concepto de mantenimiento con una discusión sobre el mismo (Alsyouf, 2009; Garg et al., 2006; Crespo et al., 2006; Sheu et al., 2005; Hui et al., 2003; McKone et al., 2002), ya que se aleja del enfoque elegido para el presente estudio. No obstante, en la tabla 4 se recogen algunas de las normas que presentan referencias básicas sobre los conceptos y terminología usuales en mantenimiento. Sí, en cambio, conviene determinar, atendiendo a los objetivos de este artículo, los elementos que configuran la naturaleza del mantenimiento industrial, a partir de una conceptualización operativa generalmente aceptada.

Las empresas se ven obligadas a actuar sobre los factores que afectan a su nivel competitivo (Cassady, 2001; Abancets et al, 1986). Una variable relevante sobre la que pueden actuar es la eficiencia del proceso productivo (Pinjala et al., 2006; Tarakci et al., 2009; Tsang, 2002). El mantenimiento industrial debe tener en cuenta los objetivos de la empresa, y se debe llevar a cabo en el marco de un gasto materializado por un presupuesto, o en relación a una determinada actividad (Souris, 1992).

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años (Gonzalez, 2003), ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no sólo introducir mejoras e innovaciones en sus productos, servicios y procesos productivos, sino que también, la disponibilidad de los equipos ha de ser óptima y esto sólo se consigue mediante un mantenimiento adecuado.

La gestión efectiva del mantenimiento supone, en consecuencia, una de las actividades cruciales de la mayor parte de las empresas con activos físicos. Son por ello lógicos los esfuerzos orientados a optimizar su funcionamiento, involucrando para tal fin tanto a medios humanos como técnicos, y con los modelos y estrategias más adecuadas a cada empresa (Zhou et al., 2009; Sun et al., 2007; Pongpech et al., 2006; Oke, et al., 2005).

Aún así, el ingeniero y los técnicos de planta sigue detectando muchos problemas y defectos de los sistemas, modelos, técnicas y procedimientos implementados, muy especialmente los relativos a una fluida transmisión de la experiencia y de los conocimientos, unas veces olvidados, otras retenidos por los especialistas y, en todo caso, insuficientemente formalizados o “protocolizados”. El conocimiento que podemos adquirir acerca del comportamiento de un sistema físico se fundamenta principalmente en la adquisición y valoración de dos tipos de información, cuantitativa (por instrumentos de medición) y cualitativa (adquirida por humanos) (Chacón, 2001).

Una tal definición operativa de Mantenimiento Industrial podría ser el conjunto de técnicas que tienen por objeto conseguir una utilización óptima de los activos productivos, manteniéndolos en el estado que requiere una producción eficiente.

Pueden extraerse de esta definición los siguientes elementos:

- estado requerido
- exigencias de disponibilidad o conservación de ese estado
- conjunto de técnicas y procedimientos orientados a esa conservación.
- actividad de reemplazo, reparación o modificación de unidades, componentes, conjuntos, equipos o sistemas de una planta industrial.



Aspectos tratados	Normas
Terminología.	AFNOR X 60-010, UNI 10147/00 EN-13306
Fiabilidad, Mantenibilidad.	BSI 6548, BSI 5760, VDI 2892, VDI 4003, VDI 4004.
Gestión del mantenimiento.	VDI 2890, VDI 2891, VDI 2895, VDI, 2896, VDI 2897, VDI 2899, AFNOR X 60- 020, VDI 2893, UNI 10388/00., UNI 10749.
Monitorización de la condición	VDI 2888, VDI 2889.
Clasificación de los servicios de mantenimiento.	UNI 10144
Evaluación de los servicios de mantenimiento.	AFNOR X 60-150 y VDI 2886.
Calidad en mantenimiento.	AFNOR X 60-151 y VDI 2887.
Contratos de mantenimiento	AFNOR X 60-90, AFNOR X 60-101, AFNOR X 60-104, AFNOR X 60-105, AFNOR X 60-600, UNI 10685, UNI 10146, UNI 10148, ENV 13269]
Redacción de documentos	AFNOR X 60-200, AFNOR X 60-210, AFNOR X 60-211, AFNOR X 60- 212, AFNOR X 60-250. EN 13460

Tabla 4. Normativa sobre mantenimiento. Fuente: Adaptado de Moreu y Crespo (2000).

Se observa, cómo ya en la misma naturaleza del mantenimiento aparecen elementos ligados al conocimiento, ya que la técnica puede ser definida como la forma o manera de realizar una actividad, implicando, en consecuencia, la presencia de capital intelectual incorporado o no a los activos industriales o al personal. La especial acción o actividad del mantenimiento exige técnicas o conocimientos muy específicos y contingentes, de alto valor estratégico, que implican complejidad y elevados esfuerzos en su registro, transmisión y aplicación.

En cuanto a la expresión de su meta: la consecución de requerimientos de disponibilidad en equipos e instalaciones, implica la ubicación de las actividades de mantenimiento en escenarios de elevada contingencia e incertidumbre, dónde contenidos informativos muy dinámicos, precederos y específicos, y sus procedimientos de aplicación, se revelan como imprescindibles para una marcha eficiente de la planta. En otro caso, el mantenimiento de la planta debería responder de elevados costes de intervención, basados en una búsqueda repetitiva e inconsistente de información en las fases de detección, diagnóstico, prevención y reparación del fallo.

También la investigación e identificación del estado requerido es función del conocimiento, en especial, como se ha mencionado, cuando éste depende de tantas circunstancias y variables.

Por último, la actividad de mantenimiento requiere conocimientos muy específicos y variados; destacando el de diferentes y, en muchas ocasiones, novedosas tecnologías. Su optimización es compleja y la toma de decisiones se desenvuelve en un ambiente de incertidumbre.

El objetivo básico de la función de mantenimiento puede expresarse como la gestión optimizada de los activos físicos. Esta optimización debe obviamente orientarse a la consecución de los

objetivos empresariales, algunos de los cuales se reflejan a continuación, clasificados en varios epígrafes:

- Económicos: mayor rentabilidad y beneficio, menores costes de fallo, mayor ahorro empresarial, menor inversión en inmovilizado o en circulante, etc.
- Laborales: condiciones adecuadas de trabajo, de seguridad e higiene, etc.
- Técnicos: disponibilidad y durabilidad de los equipos, máquinas e instalaciones, operativa en explotación.
- Sociales: ausencia de contaminación, ahorro de energía, etc.

A partir de unos objetivos bien definidos, se plantea la planificación y control de la actividad de mantenimiento orientada, así, a alcanzar esos objetivos. Esto pasa por el control o dominio del comportamiento de los sistemas, equipos o instalaciones de la planta y por una gestión adecuada de esos activos; entendiéndose por tal, una actuación que optimice tanto el valor real de los activos como su funcionamiento.

La función de mantenimiento cumple, en consecuencia, con dos grandes objetivos: en primer lugar, conservar el estado de los activos, en segundo, mejorar sus niveles de disponibilidad al más bajo coste.

En la figura 8 se representa de forma esquemática el modelo de conocimiento que se propone, en consonancia con los aspectos que, según se acaba de formular, desarrolla la función de mantenimiento.

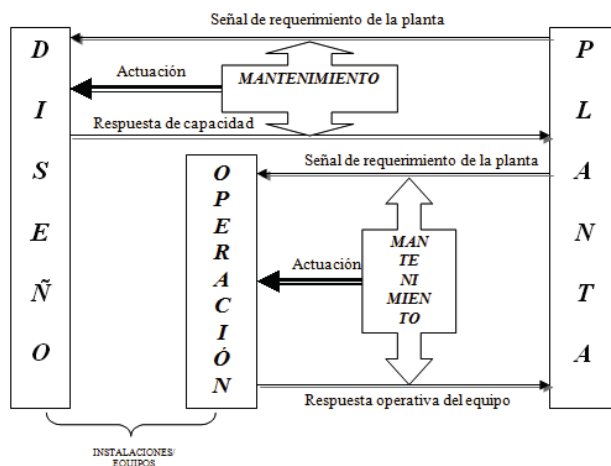


Fig. 8. Esquema básico de actuación en mantenimiento basado en el conocimiento de las señales de requerimiento/respuesta .

De ahí se derivan las siguientes conclusiones en relación con los conocimientos básicos necesarios para las actuaciones llevadas a cabo por la función de mantenimiento:

- Conocimientos necesarios para llevar a cabo las actuaciones de selección, adquisición, instalación y puesta en marcha de los equipos e instalaciones generales:
 - El conocimiento de los requerimientos de la planta en relación con las necesidades de capacidad y funcionamiento normal de los equipos.



- El conocimiento de la respuesta real de los equipos a esos requerimientos.
- Conocimientos necesarios para llevar a cabo las actuaciones de predicción, prevención y corrección operativa de los equipos:
 - El conocimiento de los requerimientos de la planta en relación con las necesidades de funcionamiento de los equipos.
 - El conocimiento de la respuesta real de los equipos a esos requerimientos.

Al ser la naturaleza de la función de mantenimiento la de servicio que se presta a la principal y básica de producción-distribución, no tiene un objeto en sí, sino el de coadyuvar al buen hacer de sus clientes internos. Es decir, posee unos objetivos dependientes y ligados a los de los procesos principales de la planta y en concreto a los de los procesos de negocio.

Esto conlleva el que el servicio que presta la función de mantenimiento a la planta es ciertamente diverso y requiere habilidades y competencias muy dispares.

Por todo ello, la gestión efectiva del mantenimiento supone, en consecuencia, una de las actividades cruciales de la mayor parte de las plantas industriales. Son por ello lógicos los esfuerzos orientados a optimizar su funcionamiento, involucrando para tal fin tanto a medios humanos como técnicos.

Algunos de los problemas más frecuentes y críticos, en relación al conocimiento tácito y la gestión del conocimiento, con los que los especialistas y técnicos de mantenimiento se encuentran son:

- Cambios de personal de la plantilla.
- Poca experiencia de los operarios.
- Falta de información de medidas a tomar y pasos a seguir ante ciertas averías o incidencias.
- Dependencia del conocimiento y experiencia tácita de los operarios.
- Históricos de avería y análisis de causas imperfectos.
- Desorganización de la información acerca de las instalaciones.
- Carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal.

Los problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento se traducen en pérdidas económicas debido al desconocimiento por parte del operario de: las instalaciones existentes, fallos típicos y medidas a adoptar ante los mismos, tiempo de rodaje y adaptación a la forma y sistemas de trabajo, etc. La escasa experiencia del operario obliga a otros a abandonar sus tareas para poder enseñarle las ubicaciones, tipos de instalaciones, modo de trabajo, etc., con la consiguiente pérdida de productividad y rendimiento que ello conlleva.

En empresas de mayor tamaño el problema se agudiza y el coste de estos cambios se incrementa considerablemente, ya que las instalaciones a conocer, los trabajos a efectuar, etc., son mucho mayores. También hay que tener en cuenta para analizar estos costes, la inoperatividad (el aumento en el tiempo medio de resolución de fallos).

Habiendo considerado los costes de inoperatividad o ineficiencia, que suponen a la empresa el incorporar nuevos operarios a los equipos de mantenimiento, tal y como indica la tendencia de la figura anterior, es necesario destacar además otros costes inducidos.

Estos costes inducidos se derivan de la incapacidad del operario de resolver una avería crítica en un momento determinado. Estas averías críticas, a diferencia de las averías no críticas, se diferencian en que éstas suponen un coste elevado a la empresa como, por ejemplo, la paralización de la producción hasta que no se subsane dicha avería.

Otro de los problemas relevantes a la hora de realizar un buen mantenimiento de instalaciones es la falta de información sobre medidas específicas a adoptar, y orden de ejecución secuencial de las mismas ante averías que no se han presentado antes, o bien que no han ocurrido en presencia del operario.

En la mayoría de los casos, son los operarios más antiguos quienes conocen mejor las instalaciones y equipos, así como, su comportamiento específico, medidas a tomar ante cualquier incidencia, qué revisar y cómo hacerlo, en concreto, para cada máquina, etc.

Esta experiencia adquirida a través de los años, denominada “know-how”, o simplemente conocimiento o experiencia, no es cometido o competencia del Sistema Educativo y, sin embargo, es de vital importancia para el buen funcionamiento de la empresa.

El problema reside en que si el operario que posee ese conocimiento, abandona el puesto de trabajo, la empresa lo pierde, sufriendo los problemas operativos y económicos que de ellos se derivan.

5. Metodología de la investigación.

Se han utilizado métodos de investigación cualitativos. En la investigación cualitativa (Strauss y Corbin, 1998), ser objetivos no significa controlar las variables sino ser abiertos, tener la voluntad de escuchar y de “darle la voz” a los entrevistados, sean estos individuos u organizaciones. Significa oír lo que otros tienen para decir, y ver lo que otros hacen, y representarlos tan precisamente como sea posible. Significa, al mismo tiempo, comprender y reconocer que lo que conocen los investigadores suele estar basado en los valores, cultura, educación y experiencias que traen a las situaciones investigativas y que puede ser muy diferente de lo de sus entrevistados.

Dentro de las técnicas cualitativas, en el análisis de los datos de la investigación, se ha utilizado la teoría fundamentada (Grounded Theory) (Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967). Para ello, se ha seguido el proceso indicado por Charmaz (Charmaz, 2006):

- Recogida de datos mediante muestreo teórico.
- Codificación inicial.
- Codificación orientada.
- Elevación de los códigos a categorías provisionales por codificación teórica.
- Redacción de los resultados obtenidos.

La característica fundamental de la investigación con teoría fundamentada es el procedimiento de muestreo teórico, donde se deben seleccionar los casos en función de su potencial para el desarrollo de nuevos puntos de vista y refinamiento de aquellos ya obtenidos. (Pace, 2004)

Como resultados de la aplicación de la teoría fundamentada, se debe obtener (Cutcliffe, 2005):

- La exposición de las principales variables que explican cómo resuelven sus problemas



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

el colectivo estudiado.

- Los resultados identifican y conceptualizan los procesos básicos que las personas usan para resolver los problemas que consideran como clave.
- No es suficiente con describir los fenómenos. Es necesario dar un paso más y llegar a interpretar y explicar lo que sucede.

A diferencia de los estudios cualitativos, la muestra que se utiliza es muy diferente, comenzándose por una muestra general del tipo de empresas o personas donde deben comenzar las entrevistas, y la muestra será ajustada conforme avanza la investigación del tema de estudio (Figura 9).

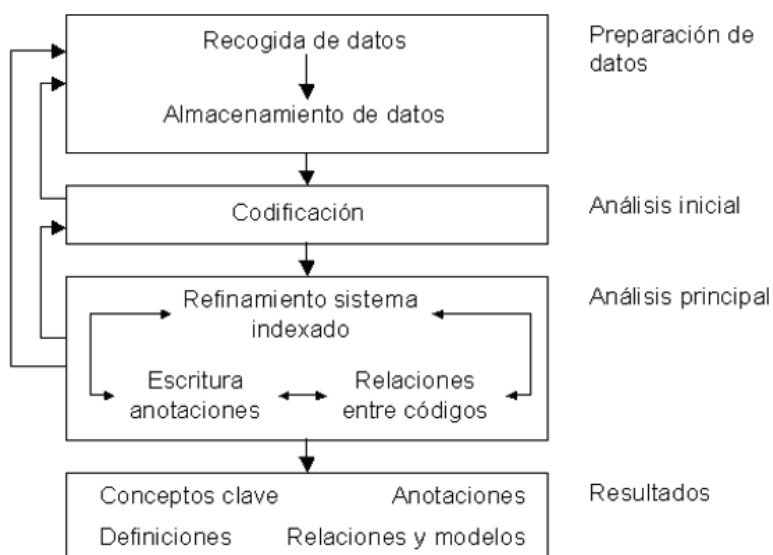


Figura 9: Fases de un análisis cualitativo. Fuente: (Muñoz, 2003).

Para este artículo, se ha utilizado una población formada por empresas (Tabla 5) que utilizan la función de mantenimiento, con un alto impacto en su producción (empresas industriales) o sobre el servicio que prestan (Empresas servicios terciarios). Las empresas seleccionadas para entrevistar a diverso personal técnico de mantenimiento, tienen una implantación a nivel nacional, y las personas seleccionadas para las entrevistas, fueron mandos de los departamentos de mantenimiento o técnicos de mantenimiento. En la selección, la experiencia mínima en el desempeño de dichas actividades que se ha buscado en las personas seleccionadas para la entrevista es de 10 años, de manera que sepan en profundidad y conocimiento el desempeño de sus funciones, así como las limitaciones normales en su puesto de trabajo. Se comienza con la recogida de datos hasta que se alcanza la saturación teórica, que es el punto donde un aumento de la muestra no aporta elementos ni categorías a los resultados (Pace, 2004).

CATEGORIA ENTREVIST.	ACTIVIDAD EMPRESA				
	DISTR. ENERG. ELECTRICA	SERVICIOS INDUSTRIALES	INDUSTRIA	SERV. TERCIARIOS HOTEL	SERV. TERCIARIOS CENTRO COMERCIAL
MANDOS MANTEN.	1	1	2		
TÉCNICOS MANTEN.	2	2	3	2	2
TOTAL	3	3	5	2	2
TOTAL ENTREVISTADOS					15

Tabla 5: Población y muestra del estudio cualitativo Fuente: elaboración propia.

Se han entrevistado a 15 personas de seis empresas diferentes, con actividades diferentes (Distribución de energía eléctrica, Servicios subcontratados de mantenimiento industrial, industrias manufactureras con alto componente de equipamiento, Servicios terciarios (edificios destinados a hoteles o grandes centros comerciales). Se ha buscado así mismo que haya una distribución entre mandos de mantenimiento (4), con formación técnica universitaria, y personal operativo (11), con formación académica básica o formación profesional.

Con el fin de obtener información que no estén condicionadas las respuestas de los entrevistados, se sigue un protocolo de entrevista en profundidad semi-estructurada con un estilo flexible, para extraer y entender las experiencias desde la visión del entrevistado, todos ellos con larga trayectoria y experiencia en el sector de mantenimiento.

El guión de la entrevista que se preparó fue el siguiente:

Basándose en su experiencia superior a 10 años en el ámbito de la ingeniería del mantenimiento industrial, se pretende estudiar los factores en relación entre el desempeño de su función y el conocimiento adquirido y utilizado, contésteme a las siguientes preguntas:

- 1) *Cuando comenzó su trabajo en actividades de mantenimiento, ¿recuerda su tiempo de acoplamiento hasta ser totalmente operativo en su trabajo? ¿Dónde o cómo obtenía la información/conocimiento que necesitaba? ¿Cuál suele ser el tiempo de acoplamiento de otros nuevos compañeros?.*
- 2) *¿Qué relación existe entre el conocimiento tácito (el que tiene usted en base a su experiencia y no está registrado en la organización) y las actividades de operación/explotación de las instalaciones e infraestructura?*
- 3) *¿Cómo se encuentra estructurada la información explícita en su organización para el desempeño de su trabajo en mantenimiento? ¿Qué virtudes y carencias observa en dicha información?.*
- 4) *¿En qué medida afecta el nivel del conocimiento tácito a la resolución de fallos o paradas no programadas en dichas estructuras técnica?.*
- 5) *¿Qué otros aspectos tácitos de la ingeniería del mantenimiento se ven afectados, por un alto componente de información tácita?.*
- 6) *¿Cómo se puede medir el nivel de información no registrada o tácita?.*
- 7) *¿Es posible la captura del conocimiento tácito y transformarlo en explícito útil?.*
- 8) *¿En qué factor económico incide en la empresa?.*
- 9) *¿Existe implicación de la dirección o gerencia de la empresa en la gestión del conocimiento en el ámbito de mantenimiento?.*

Se realizaron las entrevistas de esta investigación entre los meses de Septiembre de 2010 hasta



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Diciembre de 2010, siendo grabadas (se tomaron 740 minutos de grabación en total) y transcritas (48.706 palabras), creándose códigos (Glaser y Strauss, 1967) basados en las respuestas obtenidas. Se utiliza la codificación in-vivo y la codificación focalizada. El análisis de los datos se realizó con la ayuda de la aplicación Atlas.ti 5.0 de la empresa ResearchTalk Inc.

Aunque las empresas utilizadas en este estudio, tienen ámbito de trabajo a nivel nacional y una a nivel internacional (empresas de primer nivel en su actividad principal), con diversas delegaciones o factorías situadas en diversas zonas geográficas, el personal entrevistado, tiene su ámbito de trabajo en la comunidad valenciana (España), siendo esta la principal limitación del estudio, dado que no se puede generar los datos obtenidos a otras poblaciones, que debería analizadas en investigaciones posteriores.

6. Resultados.

En este apartado se enumeran los diferentes elementos identificados en relación al conocimiento tácito, que actúan sobre las tareas y actividades normales de mantenimiento, y que marca la tendencia normal de estos departamentos en las empresas donde actúan.

6.1. Relación del conocimiento tácito al tiempo de acoplamiento de nuevo personal a la actividad de operación y mantenimiento de edificios industriales o de servicios

La totalidad de los entrevistados, da por hecho que se produce un tiempo de acoplamiento para el nuevo personal que se incorpora al servicio, que dependiendo de la empresa en la que trabajan (y su nivel de complejidad) oscila entre los 6 y 14 meses de media. Dicha consideración la observan en el seguimiento de nuevos compañeros que se han acoplado a la organización, así como en su experiencia en su propio periodo de acoplamiento: “[...] durante ese tiempo, los nuevos compañeros siempre van acompañado a técnicos con experiencia en el centro [...] y pasado ese tiempo comienzan a ser más independientes y autónomos[...].” Ponen todos de manifiesto, que el problema fundamental es la gran complejidad de las instalaciones, y el desenvolverse con habilidad se produce cuando se acoplan al entorno en una gran instalación: “La documentación suele ser muy genérica, y el conocer donde están los puntos vitales, sólo se conoce con el tiempo y al moverse por las instalaciones [...]”.

Se pone de manifiesto en 14 de los 15 entrevistados, que la experiencia hace operativo a los técnicos (aún teniendo la formación académica adecuada), habiendo un alto componente de conocimiento tácito. Dicho tiempo repercute directamente en la operatividad de los técnicos nóveles, y por consiguiente en un valor económico para la empresa, aunque se considera asumido por todos los componentes: “[...] siempre ha sido de esta manera[...].” Estas repercusiones de operatividad y valor económico suponen un gran valor en empresas con alta variación de personal.

6.2. Relación del conocimiento tácito y operación/explotación de las instalaciones e infraestructuras.

Todos los componentes relacionan que las maniobras de operación de los equipos e instalaciones, las resuelven con mayor eficiencia y menor tiempo los componentes que tienen más experiencia en mantenimiento, y han sufrido más anécdotas y experiencias (un alto componente tácito): “[...] muchas de las maniobras o reposiciones de servicio son por fallos no controlados, la reposición suele ser rápida cuando conoces la disposición de los cuadros eléctricos o válvulas de maniobra, [...] el problema radica, en que muchas veces defectos que

se solventarían en muy poco tiempo, minutos, se tarda varias horas en encontrar el elemento o la situación de maniobra, porque normalmente no suele ocurrir[...].” Se observa que todas las experiencias operativas, son pocas veces informadas en detalle, para capturar la experiencia ante actuaciones, sólo en 8 de los 15 entrevistados, se comenta que se realiza una anotación breve en el programa de gestión de mantenimiento. Se manifiesta un alto componente de conocimiento tácito para la resolución efectiva de acciones operativas ante maniobras o fallos de equipos e instalaciones.

6.3. Relación del nivel del conocimiento tácito y la resolución de fallos o paradas no programadas en dichas estructuras técnicas.

Todos los entrevistados consideran que la resolución de averías en máquinas o instalaciones conlleva un alto grado de aprendizaje en el entorno donde desenvuelven su trabajo, en las zonas más críticas suelen operar los operarios con mayor experiencia (y un alto componente tácito): “[...]ante actuaciones de emergencia en una zona que normalmente no prestó el servicio, soluciones de varios minutos me ha costado horas resolverlo[...] esas experiencias le habían ocurrido a algún compañero anteriormente, pero yo lo desconocía y no estaba registrado[...]”. Estas actuaciones de reposición de averías o paradas se da en mayor medida en empresas cuya área de actuación es muy extensa (empresas de distribución de energía eléctrica): “[...]hay veces que para hacer una maniobra de un seccionador de una línea eléctrica a 20 KV, el problema es encontrar la manera de llegar a dicho seccionador [...] no encontramos el camino de entrada para llegar a él[...] podemos llegar a tardar horas en una reposición, que se haría en minutos teniendo claro los puntos de acceso, o que lo hubiera comentado algún compañero que hubiese actuado anteriormente[...]”. En entornos industriales, el problema que se detecta es ante actuaciones esporádicas, que normalmente no se suelen dar y en esencia son críticas (maniobras de celdas de alta tensión, o cierre de válvulas generales), se denota la falta de transmisión de dichas experiencias por compañeros que en algún momento han vivido dichas experiencias: “[...]Hay veces que debo cambiar de área, y problemas de resolución trivial me pueden costar un 2000% de tiempo más de resolución, intento hablar con compañeros que les haya pasado[...]”. Se observa, que muchas de las actuaciones ante fallos críticos, se habrían resuelto con mayor rapidez si dicha información hubiera sido captada al personal que hubiera sufrido la experiencia anteriormente, y haciéndola explícita y transferida al resto de los componentes.

6.4. Aspectos tácticos de la ingeniería del mantenimiento que se ven afectados, por un alto componente de información tácita.

Todas las personas entrevistadas consideran como fundamentales además de la fiabilidad y operativa de explotación, en igual medida la mantenibilidad de las instalaciones y el control de la eficiencia energética. En todas estas acciones indican un alto componente tácito en su realización: “[...]Tenemos mucha documentación, pero es demasiado extensa, y hay veces que otra no la localizamos[...]debería estar más accesible, concisa y con nuestro punto de vista para la utilización práctica[...]”. De igual manera ante actuaciones de mantenimiento: “[...]normalmente actuamos en mantenimiento con nuestra experiencia, dado que el parte de trabajo es muy conciso, indicando sólo los puntos a revisar o acciones resumidas[...]compañeros nuevos, se acoplan como ayudantes en los trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, hasta que pasan unos meses y son operativos[...]”. En detección de acciones de mejora de eficiencia energética se detecta que muchas de las acciones pueden ser ejecutadas, aunque suele haber una descoordinación de la información entre áreas de mantenimiento: “[...]en algunas acciones de eficiencia deberíamos coordinar las acciones del equipo de mantenimiento mecánico que se encargan de los fluidos con los componentes de mantenimiento eléctrico[...]muchas acciones nos damos cuenta en que se podían haber ejecutado meses anteriores[...]”

Luego se detecta además de la fiabilidad y operación de las instalaciones y equipo, la

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



mantenibilidad y eficiencia energética como acciones tácticas fundamentales. En todos estos trabajos se detecta un alto componente tácito.

6.5. Medición del nivel de información no registrada o tácita.

Se confirma por parte de todos los entrevistados, de la problemática de la medición cuantitativa de la relación de información tácita que dispone la organización. Depende de las personas y en ninguna organización existe un procedimiento formal para captura del conocimiento tácito útil y su transformación a explícito: “[...]normalmente la consulta de la información puesta al alcance por la empresa, se consulta en momento puntuales de actuación, u ante una actuación fuera de lo normal[...] normalmente la planimetría suele estar desfasada, o la información demasiado extensa. Se actúa muchas veces consultando a otros compañeros con mas experiencia[...]”. De una manera subjetiva, todos los entrevistados comentan que su nivel de relación entre la información tácita y la explícita útil que pueden utilizar, oscilan entre el 60 al 90% superior la tácita. Todos consideran que es una tasa importante en la realización de su trabajo diario. De igual manera esa relación es diferente entre los mandos de mantenimiento, que por su formación y características organizativas de su puesto de trabajo, consideran que tienden a formalizar explícitamente muchas de sus acciones diarias, que en los técnicos operativos de planta, donde es menos normal al formalización de las experiencias, y por consiguiente, la tasa de conocimiento tácito es mayor. La tasa de conocimiento tácito, se da en mayor medida cuando el área de actuación de la actividad de mantenimiento es mayor: Ante grandes factorías u edificios muy grandes y complejos, y en mantenimiento de redes de distribución de energía donde el área de actuación puede ser un termino municipal o mayor.

6.6. Posibilidad de captura del conocimiento tácito y transformarlo en explícito útil.

Todos los entrevistados confirman la dificultad de la captura de ese conocimiento tácito útil y estratégico: “[...] cuando se va a jubilar alguna persona de mantenimiento, el año anterior se acopla una nueva persona para transferir sus experiencias[...]el problema resulta ante una baja repentina o continuada u ante una persona que abandona la empresa, no es posible transferir ese conocimiento a un nuevo compañero, se pierde ese saber hacer[...]”. Para el tratamiento de la información, todos consideran el dotar de medios (en tiempo), y procedimientos técnicos que deben ser aprobados por los miembros de la organización para ser útiles. Algunas de las organizaciones tienen sistemas de tratamiento documental, pero consideran que son poco útiles para la captación de las experiencias diarias. También se ha identificado, que se ve la necesidad de formación sobre todo al personal operativo, y esa formación debe ser sobre sus áreas de trabajo. Una posibilidad barajada es la autoformación basada en las experiencias de los compañeros. Todos consideran el introducir la figura de un coordinador o gestor del conocimiento en mantenimiento, cuya misión sea la de coordinar y transmitir a todos los miembros la necesidad de capturar las experiencias operativas, y llevarlas a fin de una manera explícita. Dicho coordinador, de las conclusiones sacadas de la entrevista, debe tener formación técnica y larga experiencia en las labores de mantenimiento. Se debe fomentar y potenciar la participación de todos los miembros operativos de mantenimiento.

6.7. Factor económico incidencia en la empresa.

Se detecta entre todos los entrevistados, el valor económico del conocimiento, y más en concreto, las experiencias no transmitidas: “[...]en multitud de ocasiones, el no conocer una actuación de un compañero y como se ha resuelto, me ha costado mucho más tiempo en resolverlo[...]ese tiempo adicional cuesta a la empresa dado que es tiempo no productivo[...]”. Este coste según se desprende de la investigación, está asumido por la empresa, no llegándose a analizar el coste extra debido a la no eficiencia en la transmisión del conocimiento.

6.8. La implicación de la dirección o gerencia de la empresa.

El mantenimiento es valorado por la empresa como una labor de apoyo a la producción o al servicio, y en la mayoría de los entrevistados, como un gasto a asumir: “[...]los órganos de gerencia, sólo nos ven cuando existen problemas[...]no se ve como un órgano táctico fundamental, y dotarlo de medios es complicado[...]”. Se detecta el mejorar la información y la implicación a los órganos directivos de las empresas del valor táctico y estratégico de una adecuada sección de mantenimiento y las ventajas funcionales y económicas que se producirían con una adecuada gestión del conocimiento en dicha actividad.

7. Discusión

El mantenimiento industrial, siendo una de las actividades tácticas y estratégicas fundamentales de las empresas, tiene grandes carencias en cuanto a la gestión del conocimiento, y con una gran dependencia del conocimiento tácito de todos sus integrantes. En la tabla 6 se muestran un resumen de las principales implicaciones que dicho conocimiento tácito pueden tener para la organización, en base a los datos obtenidos en la investigación.

ACTIVIDAD ESTRATEGICA MANTENIMIENTO	COMPONENTE CONOC. TÁCITO	REPERCUSIÓN EN EMPRESA
Acoplamiento personal	Muy elevado	Pérdida económica. Pérdida eficiencia
Operación/ explotación	Muy elevado	Repercusión en la producción o servicio
Fiabilidad	Muy elevado	Tiempos mayores de reposición. Valor económico por perdida producción
Mantenibilidad	Muy elevado	Pérdida eficiencia
Eficiencia energética	Elevado	Pérdida eficiencia Repercusión económica
Nivel información	Elevado	Perdida capital intelectual Valor sustitución personal
Repercusión económica	Puede tener una repercusión muy elevada	Puede afectar de una manera elevada ante acciones críticas o de emergencia
Relación con la gerencia	Se asumen los componentes tácitos en los trabajos de mantenimiento	Pérdida de capital intelectual. Perdida de recursos operativos Visión sesgada del valor estratégico.

Tabla 6: Implicaciones del conocimiento tácito en el mantenimiento industrial.

Se extrae de la investigación, el alto componente tácito que tiene entre todos los componentes humanos de la actividad de mantenimiento, un valor que aún medido desde la visión subjetiva de los participantes se puede considerar que oscila entre el 50 y el 90%, dependiendo del área de actividad de la empresa y la extensión del área de trabajo. La tasa de conocimiento tácito, se da en mayor medida cuando el área de actuación de la actividad de mantenimiento es mayor: Ante grandes factorías u edificios muy grandes y complejos, y en mantenimiento de redes de distribución de energía donde el área de actuación puede ser un término municipal o mayor.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Esas experiencias operativas, que es un conocimiento interno que van acumulando todos los integrantes, y difícilmente transmitido, hace que en los periodos de acoplamiento de nuevo personal, transcurra un tiempo considerable hasta el acoplamiento y ser realmente operativo dicha persona. A parte de la pérdida operativa y económica que supone el acoplamiento de una nueva persona, el personal con experiencia debe utilizar parte de su tiempo en la formación de los nuevos integrantes, debiéndose valorar esto último desde una vertiente económica o falta de eficacia durante dichos procesos. Estas repercusiones de operatividad y valor económico suponen un gran valor en empresas con alta variación de personal.

Las experiencias operativas, son pocas veces informadas en detalle, para capturar la experiencia ante actuaciones. Se manifiesta un alto componente de conocimiento tácito para la resolución efectiva de acciones operativas ante maniobras o fallos de equipos e instalaciones.

Ante fallos críticos, se habrían resuelto con mayor rapidez si dicha información hubiera sido captada del personal que hubiera sufrido la experiencia anteriormente, y haciéndola explícita y transferida al resto de los componentes. Estas pérdidas en la eficiencia en tiempo en resolver acciones críticas, pueden tener un gran valor económico, dado que repercute a muchos estamentos de la empresa y en especial a la producción. Según datos extraídos de las entrevista y facilitados por los entrevistados, pueden suponer cantidades importantes.

La tasa de conocimiento tácito, es sensiblemente mayor entre el personal operario técnico que operan en las acciones habituales de mantenimiento que en los mandos e ingenieros de mantenimiento, que por su formación y características organizativas de su puesto de trabajo, consideran que tienden a formalizar explícitamente muchas de sus acciones diarias. Estos últimos documentan con mayor facilidad sus actuaciones, aunque se reconoce que el la mayor parte de su trabajo diario se basan en su propia experiencia vivida.

Es difícil la medición cuantitativa de la relación de información tácita que dispone la organización. Depende de las personas y en ninguna organización analizada existe un procedimiento formal para captura del conocimiento tácito útil y su transformación a explícito.

Se confirma la dificultad de la captura de ese conocimiento tácito útil y estratégico.

Para el tratamiento de la información, todos consideran el dotar de medios (en tiempo), y procedimientos técnicos que deben ser aprobados por los miembros de la organización para ser útiles. Algunas de las organizaciones tienen sistemas de tratamiento documental, pero consideran que son poco útiles para la captación de las experiencias diarias.

Se detecta la necesidad de formación sobre todo al personal operativo, y esa formación debe ser sobre sus áreas de trabajo. Una posibilidad barajada es la autoformación basada en las experiencias de los compañeros.

Una figura clave sería la creación de la figura de un coordinador o gestor del conocimiento en mantenimiento, cuya misión sea la de coordinar y transmitir a todos los miembros la necesidad de capturar las experiencias operativas, y llevarlas a fin de una manera explícita. Dicho coordinador, de las conclusiones sacadas de la entrevista, debe tener formación técnica y larga experiencia en las labores de mantenimiento. Se debe fomentar y potenciar la participación de todos los miembros operativos de mantenimiento.

Se detecta entre todos los entrevistados, el valor económico del conocimiento, y más en concreto, las experiencias no transmitidas.

Este coste según se desprende de la investigación, está asumido por la empresa, no llegándose a analizar el coste extra debido a la no eficiencia en la transmisión del conocimiento.

Sería recomendable el mejorar la información y la implicación a los órganos directivos de las empresas del valor tácito y estratégico de una adecuada sección de mantenimiento y las

ventajas funcionales y económicas que se producirían con una adecuada gestión del conocimiento en dicha actividad.

8. Conclusiones

Las principales contribuciones de la investigación que se presentan en este artículo, y permiten entender la problemática del nivel de conocimiento tácito en las organizaciones de mantenimiento de las empresas, son:

- Se ha relacionado el nivel de conocimiento tácito que se manifiesta entre todos los miembros humanos integrantes de las organizaciones de mantenimiento de las empresas, extrayendo como conclusión, que tiene un componente elevado, y forma parte intrínseca de dicha profesión.
- Que al funcionar dicha organización con tan alto componente tácito, los tiempos de acoplamiento de nuevo personal o sustituciones, son elevados, transformándose dicho factor en una pérdida de eficiencia y en una pérdida de recursos económicos para la empresa.
- Ante actuaciones críticas o de emergencias, el no tener una adecuada gestión del conocimiento, conlleva unas pérdidas operativas importantes y como consecuencia económicas a la empresa. Se ve la necesidad de reducir la tasa de conocimiento tácito ante estas actuaciones, haciendo explícito dicha información. Se observa la conveniencia de un gestor del conocimiento dentro del mantenimiento.
- El coste económico que supondría la transformación del conocimiento tácito en explícito, podía ser analizado desde una visión rentable por parte de la empresa.

La principal limitación de este estudio radica en que todos los miembros de las empresas entrevistados, tienen su área de trabajo en la Comunidad valenciana (España). El resultado podría ser extensible tanto a nivel nacional como internacional, dado que algunas de las empresas analizadas tienen presencia nacional como internacional.

Sería también conveniente continuar con la línea de investigación, realizando un análisis más profundo, teniendo en cuenta la relación de la gestión del conocimiento, en especial con sus misiones tácticas fundamentales, y el análisis cuantitativo que permitiera validar los estudios cualitativos observados.

9. Referencias

- Abancens A., Lasheras J.M. (1986), Organización industrial, organización, control y seguridad e higiene en el trabajo, Volumen I, Ed. Donostierra.
- Alardhi, M. and Hannam, R.G. (2007), "Preventive maintenance scheduling for multi-cogeneration plants with production constraints", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 13 No. 3, pp. 276-92.
- Al-Najjar, B. and Alsayouf, I. (2003), "Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making", *International Journal of Production Economics*, Vol. 84 No. 1, pp. 85-100.
- Alsayouf, I. (2007), "The role of maintenance in improving companies productivity and profitability", *International Journal of Production Economics*, Vol. 105 No. 1, pp. 70-8.
- Barata, C.J., Guedes, S., Marseguerra, M. and Zio, E. (2002), "Simulation modelling of repairable multi-component deteriorating systems for on condition maintenance optimisation", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 76 No. 3, pp. 255-64.
- Cadini, F., Zio, E. and Avram, D. (2009), "Model-based Monte Carlo state estimation for condition-based component replacement", *Reliability Engineering & System Safety*, Vol. 94 No. 3, pp. 752-8.
- Camelo, C. (2000). *La Estrategia de la Diversificación Interna: Una aproximación desde la Teoría basada en el Conocimiento*. Madrid: Biblioteca Civitas Economía y Empresa.
- Cárcel Carrasco, F.J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid.
- Cassady, C.R. (2001), "Selective maintenance



- modeling for industrial systems”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7 No. 2, pp. 104-17.
- Chacón, J. (2001). Tesis Doctoral, Diagnóstico de fallos mediante la utilización de información incompleta e incierta. UPV Valencia España.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory. A practical guide through qualitative analysis* SAGE, London.
- Chen, J. (2006), “Optimization models for the machine scheduling problem with a single flexible maintenance activity”, *Engineering Optimization*, Vol. 38 No. 1, pp. 53-71.
- Chien, Y.H. and Chen, J.-A. (2010), “Optimal spare ordering policy for preventive replacement under cost effectiveness criterion”, *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 34 No. 10, pp. 716-24.
- Choo, C. W. (1999). *La Organización Inteligente*. Oxford University Press, México
- Chung, S.H., Lau, H.C.W., Choy, K.L., Ho, G.T.S. and Tse, Y.K. (2010), “Application of genetic approach for advanced planning in multi-factory environment”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 127 No. 2, pp. 300-8.
- Crespo Marquez, A. and Gupta, J. (2006), “Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars”, *Omega*, Vol. 34 No. 3, pp. 313-26.
- Cutcliffe, J. (2005). Adapt or Adopt: Developing and Transgressing the Methodological Boundaries of Grounded Theory. *Journal of Advanced Nursing*, 21 (4): 421.
- Dhillon, B.S. and Liu, Y. (2006), “Human error in maintenance: a review”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 1, pp. 21-36.
- Douglas, D. (2004). "Grounded theory and the 'And' in entrepreneurship research ". *Electronic Journal of Business Research Methods*, Vol. 2, nº. 2.
- Eich, D. (2008). "A Grounded Theory of High-Quality Leadership Programs: Perspectives From Student Leadership Development Programs in Higher Education". *Journal of Leadership and Organizational Studies*, Vol. 15, nº. 2, págs. 176-187.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006a). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*. 83 (2006). pp 1235-1248.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006b). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy* 83 (2006). pp. 1163-1179.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006c). Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric-power industry. *Applied Energy* 83 (2006c). pp. 299-310.
- Ferdows, K. (2006), “Transfer of changing production know-how”, *Production and Operations Management*, Vol. 15 No. 1, pp. 1-9.
- Garg, A. and Deshmukh, S.G. (2006), “Maintenance management: literature review and directions”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 No. 3, pp. 205-38.
- Glaser, B. G.; Strauss, A. L. (1967): *The discovery of grounded theory* Aldine de Gruyter, New York.
- Goel, H.D., Grievink, J. and Weijnen, M.P.C. (2003), “Integrated optimal reliable design, production, and maintenance planning for multipurpose process plants”, *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 27 No. 11, pp. 1543-55.
- Gonzalez Fernandez, F.J. (2003). *Mantenimiento industrial avanzado*, Ed. Fundación Confemetal.
- Grant, R.M. (1996). Toward a knowledge-based theory of the firm. *Strategy Management Journal*, 17(Winter special issue), 109-122.
- Hobbs, A. and Williamson, A. (2002), “Skills, rules and knowledge in aircraft maintenance: errors in context”, *Ergonomics*, Vol. 45 No. 4, pp. 290-308.
- Hobbs, A. and Williamson, A. (2003), “Associations between errors and contributing factors in aircraft maintenance”, *Human Factors*, Vol. 45 No. 2, pp. 186-201.
- Hui, E. and Tsang, A. (2004), “Sourcing strategies of facilities management”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No. 2, pp. 85-92.
- Jin, X., Li, L. and Ni, J. (2009), “Option model for joint production and preventive maintenance system”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 119 No. 2, pp. 347-53.
- Jo, Y.-D. and Park, K.-S. (2003), “Dynamic management of human error to reduce total risk”, *Journal of Loss Prevention in Process Industries*, Vol. 16 No. 4, pp. 313-21.
- Kogut, B. y Zander, U. (1992). Knowledge of the firm: combinative capabilities, and the replication of technology. En L. Prusak (ed) *Knowledge in Organizations. Resources for the Knowledge Based Economy*.
- Liu, J. and Yu, D. (2004), “Evaluation of plant maintenance based on data envelopment analysis”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10 No. 3, pp. 203-9.
- Lowe R, Oreszczyn T. (2008). Regulatory standards and barriers to improved performance for housing. *Energy Policy* 2008;36:4475-81.



- Marquez, A.C. and Guptab, J.N.D. (2006), "Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars", Omega, The International Journal of Management Science, Vol. 34, pp. 313-26.
- McKone, K. and Weiss, E. (2002), "Guidelines for implementing predictive maintenance", Production and Operations Management, Vol. 11 No. 2, pp. 109-24.
- Mora, A. (2005). Mantenimiento estratégico para empresas de servicios e industriales-AMG.
- Moreu, E; Crespo. A. (2000). "Estado de la Normativa Existente sobre Mantenimiento y un Modelo para la Documentación", Revista Mantenimiento 125.
- Muñoz, J. (2003): Análisis de datos cualitativos con Atlas.ti, JMJ.
- Nonaka, I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation. Organization Science, 5(1), 14-37.
- Nonaka, I., Takeuchi, N. (1995). The Knowledge Creating Company. Oxford University Press.
- Oke, S.A. (2005), "An analytical model for the optimization of maintenance profitability", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 54 No. 2, pp. 113-36.
- Pace, S. (2004): "A grounded theory of the flow experiences of Web users". International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 60, nº. 3, págs. 327-363.
- Palm, J., a., Thollander, P. (2010). An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency. Applied Energy 87 (2010) 3255–3261.
- Partington, D. (2000). "Building grounded theories of management action". British Journal of Management, Vol. 11, págs. 91-102.
- Pinjala, S., Pintelon, L. and Vereecke, A. (2006), "An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies", International Journal of Production Economics, Vol. 104 No. 1, pp. 214-29.
- Pintelon, L., Kumar, P.S. and Vereecke, A. (2006), "Evaluating the effectiveness of maintenance strategies", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12 No. 1, pp. 7-20.
- Polanyi, M. (1958). Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. University of Chicago Press.
- Polanyi, M. (1967)(2009 reprint). The Tacit Dimension. University of Chicago Press.
- Pongpech, J., Murthy, D.N.P. and Boondiskulchock, R. (2006), "Maintenance strategies for used equipment under lease", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No. 4, pp. 287-95.
- Rankin, W., Hibit, R. and Sargent, R. (2000), "Development and evaluation of the maintenance error decision aid (MEDA) process", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 26 No. 2, pp. 261-76.
- Rohdin P, Thollander P, Solding P. (2007). Barriers to and drivers for energy efficiency in the Swedish foundry industry. Energy Policy 2007;35:672–7.
- Rohdin P, Thollander P. (2006). Barriers to and driving forces for energy efficiency in the non-energy intensive manufacturing industry in Sweden. Energy. 31(12):1836–44.
- Sasou, K. and Reason, J. (1999), "Team errors: definition and taxonomy", Reliability Engineering & System Safety, Vol. 65 No. 1, pp. 1-9.
- Schleich J, Gruber E. (2004a). Beyond case studies: barriers to energy efficiency in commerce and the services sector. Energy Econ 2008;30:449–64.
- Schleich J. (2004b). Do energy audits help reduce barriers to energy efficiency? An empirical analysis for Germany. Int J Energy Technol Policy 2004;2: 226–39.
- Sheu, S., Lin, Y. and Liao, G. (2005), "Optimal policies with decreasing probability of imperfect maintenance", IEEE Transactions on Reliability, Vol. 54 No. 2, pp. 347-57.
- Sorrell S, O'Malley E, Schleich J, Scott S. (2004). The economics of energy efficiency: barriers to cost-effective investment. Cheltenham: Edward Elgar.
- Souris, J.P. (1992). Mantenimiento: Fuente de beneficios, Ed. Díaz de Santos.
- Stern PC. (1984). Aronsson E, editors. Energy use: the human dimension. New York: Freeman; 1984.
- Strauss, A.; Corvin, J L. (1998). Bases de la investigación cualitativa., U. Antioquia, 2ª ed.
- Sun, Y., Ma, L. and Mathew, J. (2007), "Prediction of system reliability for component repair", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 13 No. 2, pp. 111-24.
- Tarakci, H., Tang, K. and Teyarachakul, S. (2009), "Learning effects on maintenance outsourcing", European Journal of Operational Research, Vol. 192 No. 1, pp. 138-50.
- Thollander P, Danestig M, Rohdin P. (2007). Energy policies for increased industrial energy efficiency: evaluation of a local energy programme for manufacturing SMEs. Energy Policy 2007;35:5774–83.
- Tianqing, S.; Xiaohua, W.; Xianguo, M. (2009). Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China. Applied Energy 86 (2009). PP 2262–2267.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Tsang, A. (2002), "Strategic dimensions of maintenance management", Journal of Quality on Maintenance Engineering, Vol. 8 No. 1, pp. 7-39.

Vidal-Gomel, C. and Samurçay, R. (2002), "Qualitative analyses of accidents and incidents to identify competencies. The electrical systems maintenance case", Safety Science, Vol. 40 No. 6, pp. 479-500.

Weber L. (1997). Some reflections on barriers to the efficient use of energy. Energy Policy 1997;25:833-5.

Wiegmann, D.A. and Shappell, S.A. (2001), "Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the human factors analysis and classification system (HFACS)", Aviation, Space, and Environmental Medicine, Vol. 72 No. 11, pp. 1006-16.

Wiig, K. (1997). Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management. Long Range Planning, 30(3), 399-405.

Zapata, L. (2001). La Gestión del Conocimiento en Pequeñas Empresas de Tecnología de la Información: Una Investigación Exploratoria, Document de treball núm. 2001/8, DEE UAB.

Zhou, X., Xi, L. and Lee, J. (2009), "Opportunistic preventive maintenance scheduling for a multi-unit series system based on dynamic programming", International Journal of Production Economics, Vol. 118 No. 2, pp. 361-6.



4.3. Facilitadores y barreras para la aplicación de la Gestión del Conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Un análisis mediante técnicas cualitativas.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo I
ANEXOS	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
Capítulo VI	Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V	Capítulo V

Facilitadores y barreras para la aplicación de la Gestión del Conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Un análisis mediante técnicas cualitativas.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica
de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia,
España (e-mail: fracar1@csa.upv.es)*

Resumen: En el desempeño del mantenimiento industrial deben entrar en juego factores técnicos y humanos muy sofisticados para la consecución del proceso o servicio a prestar por la empresa. Es por ello una de las actividades estratégicas en las empresas, dado que afecta su servicio a la operación global, su eficiencia y su disponibilidad. Sin embargo, la gestión y aplicación del conocimiento en dicha actividad, muchas veces es relegado a un tercer nivel (o simplemente olvidado), cuando puede ser una fuente generadora de mejora técnica, funcional y económica. El presente estudio tiene por objeto identificar, clasificar y priorizar las diferentes barreras y facilitadores que se pueden encontrar en las organizaciones de mantenimiento de las empresas en referencia a la gestión del conocimiento en las actividades estratégicas de mantenimiento, y que ventajas competitivas podrían introducir su adecuada gestión. Para ello se han utilizado técnicas cualitativas mediante un estudio de campo y observación, así como entrevistas semi-estructuradas entre dirigentes de empresas y operarios de mantenimiento en empresas de primer nivel de diversos sectores (industrial o servicios), para extraer conclusiones sobre la aplicación de técnicas de gestión del conocimiento. Como conclusiones se extraen las principales observaciones detectadas, que ayudan a posicionar los principios de una empresa que dese abordar un proyecto de gestión de conocimiento dentro de la actividad de mantenimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento, Métodos cualitativos.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

La “Gestión del Conocimiento” es una disciplina emergente que se va afirmando con la aparición de nuevos paradigmas en los sistemas económicos nacionales e internacionales (Coakes et al., 2010; Kalkan, 2008; Peluffo et al., 2002; Marshall et al., 2001), e introducida de una manera incipiente en los aspectos globales de las empresas, asumiendo lo que se ha denominado una “Economía basada en el Conocimiento y el Aprendizaje” (Lundvall et al., 2007; García et al., 2007), en donde se intensifica el conocimiento como eje de los cambios y la innovación (Tan et al., 2011; Lichtenthaler, 2010; Lim et al., 2010; Lee et al., 2010; González et al., 2011).

El mantenimiento industrial, depende de altos componentes técnicos y de conocimiento muy sofisticados, y una alta implicación del factor humano para su desempeño, con un alto componente de conocimiento tácito (Polanyi, 1967, 1958), y aunque los factores organizativos, comportamiento de materiales, estudio del fallo, están ampliamente estudiados, no suele serlo de igual manera, los procesos de gestión del conocimiento en dicha actividad, aunque en otros departamentos de la empresa (marketing, comercio, desarrollo, comunicaciones, etc.), se ha comenzado a introducir como un referente más de competitividad e innovación (Bravo-ibarra et al., 2009; Griffiths et al., 2008; Argote et al., 2000; Claver et al., 2007; Pérez et al., 2009).

El presente documento contiene el resultado del estudio cuyo objetivo principal fue definir un marco de referencia que permitiera comprender y abordar la Gestión del Conocimiento dentro de las actividades de mantenimiento, visualizando las acciones tácticas fundamentales que desempeña en el entorno de la empresa, así como extraer las barreras y facilitadores fundamentales que harían un servicio más eficiente con el diseño de estrategias de trabajo basadas en la creación, transmisión y utilización de conocimiento.

El punto de partida es, por tanto, la visualización de este recurso como estratégico y significativo (Pawlowski et al., 2012; en cualquier planteamiento orientado al desarrollo eficiente de un departamento de mantenimiento, y por tanto de la propia empresa.

Mediante la utilización de técnicas de investigación cualitativas, se muestran las relaciones de la fiabilidad, mantenibilidad, operatividad en explotación y eficiencia energética, factores fundamentales de la función mantenimiento, y su relación con la gestión del conocimiento. Para tal efecto, se han realizado entrevistas con directivos de empresas y personal operativo mantenimiento u operación y explotación de diversas empresas, de diversos sectores en la Comunidad Valenciana.

El artículo introduce en las actividades estratégicas del mantenimiento industrial, marcando su relevancia, y su implicación con la información y el conocimiento que necesita para su desempeño. Posteriormente, se presenta el estudio cualitativo realizado, los resultados, la discusión de los mismos y las conclusiones del artículo.

2. Las actividades estratégicas del Mantenimiento Industrial y su relación con la Gestión del Conocimiento.

Hay que considerar que las organizaciones deberían ser estudiadas a través de sus procesos internos, visualizando cómo éstas crean y transfieren conocimiento, e identificando el stock de conocimiento que poseen y cómo se usa para generar nuevo conocimiento (Nonaka, 1991; Nonaka et al., 1995; Garud et al., 1994; Kogut et al., 1992), y dentro de una empresa, el mantenimiento es una sub-organización, con unas características especiales, y un peso alto sobre la sostenibilidad y productividad de la empresa.

Así pues, todas las contribuciones teóricas de la gestión del conocimiento tienen un punto en común: analizar a las organizaciones desde una perspectiva basada en los conocimientos que éstas poseen (Foss et al., 1995), como transferirlos y utilizarlos.

En referencia a las características del conocimiento, se podrían señalar tres (Andreu et al., 1999):



- Es personal, ya que se origina y reside en las personas que lo asimilan como resultado de su propia experiencia y lo incorporan a su acervo personal al estar convencidas de su significado y de sus implicaciones (Esta característica tiene un alto peso dentro del personal operativo del mantenimiento).
- Es permanente e incremental, ya que su utilización puede repetirse sin que se consuma o desgaste como sucede con otros bienes físicos. Por el contrario, se incrementa al utilizarse con un conocimiento recientemente adquirido.
- Es guía para la acción de las personas, en el sentido de decidir qué hacer en cada momento ya que esa acción tiene por objetivo mejorar las consecuencias de los fenómenos percibidos por cada individuo.

De igual manera, el conocimiento tiene un componente de arraigo muy fuerte (Howells, 2002). Con un componente territorial debido a que:

- El conocimiento se concentra en los individuos y estos dependen de un desarrollo humano que estará condicionado por unas percepciones sociales, culturales y cognitivas que a su vez dependerán del lugar dónde éste habita.
- Dicho conocimiento estará condicionado por las interacciones humanas que se produzcan en la zona donde interacciona la persona.
- El proceso de adquisición de información, tanto en forma explícita como tácita, también estará condicionado por la distancia, disponibilidad, costes de búsqueda, etc.
- El proceso de aprendizaje, necesario en todo proceso de generación de conocimiento, también se contextualiza en un espacio físico (geográfico, entorno de una empresa, etc.), social y económico.
- La información recogida por las personas se interpreta y filtra de acuerdo con unos esquemas basados, en parte, en las experiencias.

Es por ello de vital importancia el definir y extraer los mecanismos de coordinación estructural, facilitadores y creación de conocimiento (Lloira et al, 2007), que se producen en una organización de mantenimiento, que inducen una mejora en sus procesos operativos, una proactividad a la innovación (Hoelzle et al, 2009; Camelo et al., 2010), transmitiendo una mejora en toda la empresa y con ello una gestión de los recursos humanos hacia el logro de la gestión del conocimiento (Yahya et al., 2002) con una finalidad útil y productiva.

Entre las que se pueden barajar, consideramos como actividades estratégicas del mantenimiento industrial, aquellas que afectan de forma directa a la empresa, como son, la parada de la producción o servicio a prestar, la mantenibilidad y la eficiencia energética:

❖ **La fiabilidad:**

Fiabilidad implica el funcionamiento de un sistema o equipo en las condiciones requeridas, y que dependía de forma directa del MTBF (tiempo medio entre fallos). Con el sistema de mantenimiento basado en el conocimiento, la *fiabilidad operativa* debe incrementarse por diversas razones ligadas a la mejora de la actividad de mantenimiento.

La fiabilidad viene íntimamente unida al estudio del proceso del fallo y se relaciona los aspectos de confiabilidad y calidad en el servicio prestado por mantenimiento (IEE Std 493, 2007; Koval et al., 2003; Wang et al., 2004; Yañez et al., 2003, Cacique, 2007; Baeza et al., 2003), y se hace posible establecer nuevos indicadores que permitan estimar el nivel de seguridad de dichos sistemas, en los cuales se describa el impacto sobre la infraestructura y los riesgos asociados (McGranaghan, 2007, Sexto, 2005).

En este sentido, fallo parece asociarse a un estado del equipo o sistema que le impide cumplir con lo que se le requiere. Pero de la misma definición operativa parece desprenderse que más que de un estado único, se trata de una sucesión de estados o proceso que desemboca en una anomalía (o estado anómalo) relativa al incumplimiento de las especificaciones de



funcionamiento. Lo relevante a todos los efectos es el proceso más que el estado o estados finales anómalos, ya que aquel explica las causas u orígenes, la evolución, las manifestaciones y efectos consiguientes. El mecanismo causa-efecto es el que se sitúa en la esencia del mantenimiento.

❖ **La mantenibilidad y disponibilidad:**

Los costos de manutención y la disponibilidad para la producción se ven fuertemente afectados por las condiciones de Mantenibilidad. Como consecuencia, una buena especificación de esta característica, durante la fase de proyecto, se traducirá en mejores condiciones operativas durante la fase de producción.

La especificación de la Mantenibilidad se inicia con la definición del entorno en que estará instalado el equipo y las condiciones de operación, así como los recursos que estarán disponibles.

El objetivo básico de un programa de mantenimiento es conseguir la disponibilidad efectiva de la planta. Esto requiere:

- Alcanzar el nivel de disponibilidad requerida en equipos e instalaciones.
- Hacerlo al menor coste posible.
- Incorporar otros objetivos como menor tiempo de actuación o elevada calidad del trabajo realizado.

Para conseguir estos objetivos se hará preciso alcanzar otros como los siguientes:

- Evaluar los requerimientos y capacidades técnicas de los equipos e instalaciones. Esta información influirá en el diseño o selección de los mismos y en la determinación de las condiciones de operación.
- Identificar los factores o causas que impiden al sistema alcanzar los niveles de disponibilidad especificados, entre otros, los insuficientes niveles de fiabilidad de diseño u operativa o de mantenibilidad.
- Proponer acciones eficientes encaminadas a alcanzar los niveles de disponibilidad objetivo.
- Determinar y evaluar las tecnologías y técnicas de detección, diagnóstico, verificación y prueba, y de restauración de las condiciones iniciales, incluyendo los correspondientes procedimientos.
- Seguir y controlar la aplicación correcta de las técnicas y procedimientos, y de la actividad de mantenimiento en general.
- Recomendar acciones de mejora continua de la disponibilidad y de sus factores causales.
- Integrar la actividad y función de mantenimiento con el resto de funciones que intervienen en el ciclo de vida del sistema, evaluando su esperanza de vida y, en consecuencia, la rentabilidad a través de la actualización de los flujos de efectivo.

Dado que, como se ha señalado, el objetivo de la actividad de mantenimiento es conseguir de forma eficiente los valores requeridos de disponibilidad, conviene reflexionar sobre el conocimiento hacia la disponibilidad, los factores clave que influyen en ella y cómo se plantea en la actualidad su conocimiento.

❖ **La Operativa en explotación:**

Hay que tener en cuenta los principales factores que determinan la confiabilidad operacional (de índole humano y técnico) de la actividad de mantenimiento (Altman, 2006; Armendola, 2002, 2004; Tavares, 2004). La operativa de explotación (también llamada conducción de las instalaciones), son los procesos normales que se dan en el transcurso de la producción o servicio



prestado de la empresa, que implica maniobras de las instalaciones, rearmado de interruptores, maniobras de puesta en marcha o parada de procesos, etc.

❖ *La eficiencia energética:*

En especial, se considera lo relativo a la energía necesaria en los procesos, el nivel de conocimiento requerido para conseguirla, su repercusión en el ciclo de vida de las máquinas y equipamiento, así como entrar en procesos de reingeniería de planta que redunden en un mayor nivel de fiabilidad con menor consumo energético.

Con el análisis de los procesos energéticos de la organización así como de cada uno de los principales equipos consumidores de energía que intervienen en las mismas, se identifican qué partes de los procesos tienen un mayor consumo energético, determinando el potencial de reducción de consumo energético y definiendo las propuestas de mejora. Con ello se consigue un conocimiento profundo de todas las acciones que inciden en el flujo energético y que afectan el servicio prestado del departamento de mantenimiento.

Con estrategias de eficiencia energética se implementan medidas que permitan la optimización de los activos tangibles e intangibles (tener equipos eficientes y saber usarlos eficientemente), siendo proactivos, buscando soluciones de eficiencia, teniendo en cuenta que:

- La energía es un recurso equiparable al resto de los factores de producción.
- La incidencia de los costes energéticos sobre los costes de producción, y por tanto del precio de venta, debe tenerse siempre en cuenta.
- La recogida sistemática de información, a poder ser mediante sistemas informáticos, permite estudiar las series históricas de producción y consumos de energía.
- La implantación de un sistema de gestión energética no representa una inversión apreciable.
- Permite identificar oportunidades de aumento de eficiencia y reducción de costes.
- Optimizar la eficiencia de equipos y procesos analizando los flujos de energía en los mismos. Este análisis mostrará si es posible ahorrar más energía rediseñando el equipo o proceso o utilizando otro alternativo.

La auditoría energética, proporciona información relevante sobre cómo se producen todos los procesos de transferencia de energía, su uso, la limitación de fugas y la eficiencia de los equipos, misión fundamental de mantenimiento. La metodología se basa en las normas UNE (UNE 216501, 2009; UNE 16001, 2010), y mediante la realización de auditorías energéticas se afianzan las políticas internas para la mejora de la gestión energética (Figura 6), así como las acciones rutinarias, correctivas y preventivas que debe realizar la organización de mantenimiento.

❖ *Los problemas fundamentales en mantenimiento:*

Alguno de los problemas fundamentales para la optimización de la función de mantenimiento, vienen como consecuencia del factor humano, que sin embargo afectan a funciones trascendentales de la empresa (fiabilidad, productividad, eficiencia energética, etc.) y que se hace todavía más patente en el caso de grandes compañías, que tienen multitud de plantas con una gran diversificación geográfica. En estos casos, el intercambio y transvase de información entre ellas, así como, el disponer de una gestión de conocimiento común, hace que ésta se vea mejorada. Podría ponerse algunos ejemplos, en relación al mantenimiento industrial, en que el uso de técnicas de gestión del conocimiento, pueden actuar como catalizadores para la mejora de la eficiencia de las acciones:

1. Problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento.
2. La captura y utilización del alto componente de conocimiento tácito que se da en la organización de mantenimiento.
3. Falta de experiencia de los operarios para resolver determinados problemas que obliga a que otros los solucionen, con la pérdida operativa correspondiente.
4. Falta de información sobre medidas específicas a adoptar ante averías que no se le han presentado antes al operario.



5. La dependencia por parte de la empresa de la experiencia de los operarios de mantenimiento, imprescindible para el buen funcionamiento de la empresa.
6. Existencia únicamente de históricos de avería teóricos, sin poseer documentación alguna sobre las averías que no suelen ocurrir, y que sin embargo han sido resueltas en alguna ocasión por algún operario.
7. Una incorrecta gestión de la documentación técnica que se encuentra descentralizada y/o parcialmente disponible.
8. La carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal, en el entorno específico del mantenimiento.

❖ **La gestión de conocimiento en mantenimiento:**

Dentro del contexto táctico de mantenimiento, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso a tener en cuenta dentro de dicha actividad, un enfoque de este podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1995; Wiig, 1997; Bueno 2002).

- *Generación del conocimiento:* abordar los procesos de adquisición de conocimiento externo y de creación del mismo en la propia organización, poniendo en acción los conocimientos poseídos por las personas.
- *Codificación, almacenamiento o integración del conocimiento:* poner al alcance de todos el conocimiento organizativo, ya sea de forma explícita o localizando a la persona que lo concentra.
- *Transferencia del conocimiento:* analizando los espacios de intercambio del conocimiento y los procesos técnicos o plataformas que lo hacen posible. Esta fase puede realizarse a través de mecanismos formales y/o informales de comunicación.
- *Utilización del conocimiento:* la aplicación del conocimiento recientemente adquirido en las actividades rutinarias de la empresa.

3. Metodología de la investigación.

La investigación se ha centrado en tres vertientes fundamentales, con el fin de describir las sensaciones, inquietudes y características en que se desarrollan los procesos de gestión del conocimiento en mantenimiento y su incidencia en sus acciones tácticas fundamentales, mediante la percepción de los órganos directivos de las empresas, por las propias jefaturas de la organización de mantenimiento, por la percepción de los operarios de mantenimiento (Figura 1).

Todo ello está enfocado en presentar las diferentes barreras y facilitadores para aplicar técnicas de gestión del conocimiento en la actividad del mantenimiento industrial, y detectar su implicación en los factores esenciales considerados del mantenimiento (Fiabilidad, operación en explotación, mantenibilidad y eficiencia energética). Para ello, se han utilizado técnicas de investigación cualitativas en diversas fases (figura 1), con el fin de detectar, la evolución en las empresas, la evolución en los departamentos de mantenimiento, y la implicación de las personas.

En la investigación cualitativa (Strauss y Corbin, 1998), ser objetivos no significa controlar las variables sino ser abiertos, tener la voluntad de escuchar y de “darle la voz” a los entrevistados, sean estos individuos u organizaciones. Significa oír lo que otros tienen para decir, y ver lo que otros hacen, y representarlos tan precisamente como sea posible. Significa, al mismo tiempo, comprender y reconocer que lo que conocen los investigadores suele estar basado en los valores, cultura, educación y experiencias que traen a las situaciones investigativas y que puede ser muy diferente de lo de sus entrevistados.

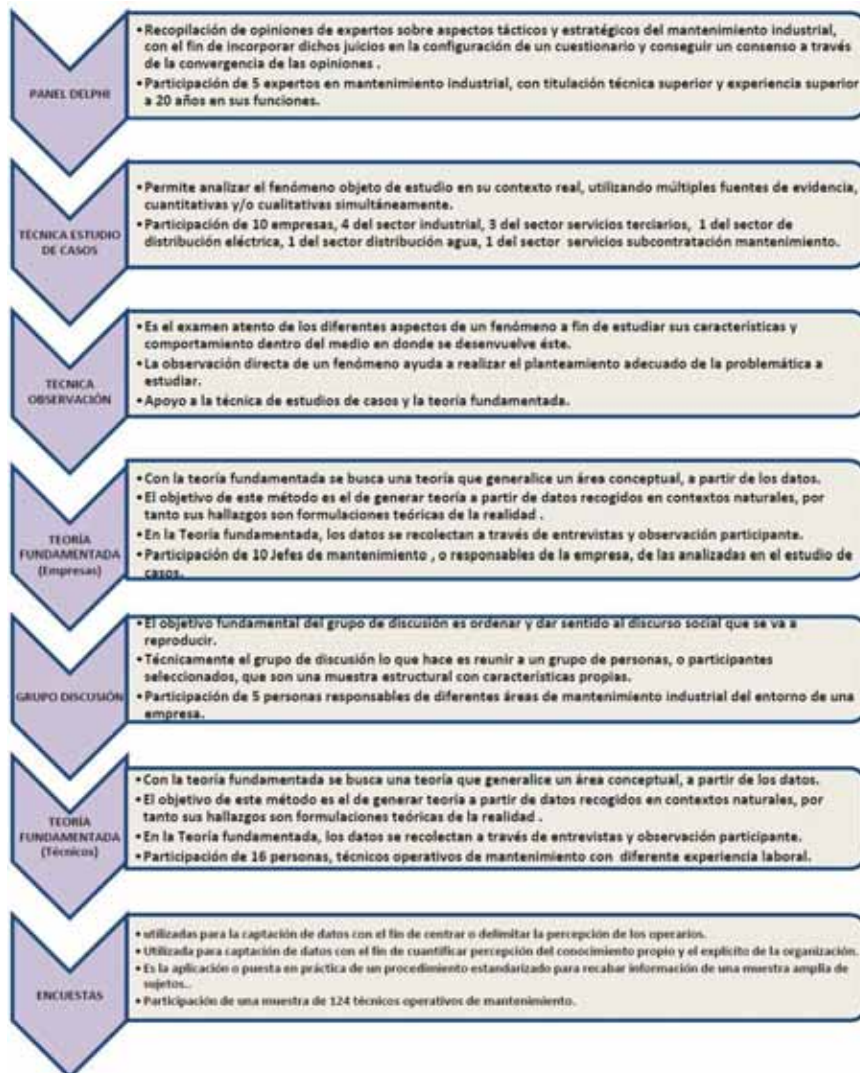


Figura 1: Proceso y muestra de la investigación cualitativa. Fuente: Elaboración propia.

Con el panel Delphi, el objetivo es la recopilación de opiniones de expertos sobre un tema particular con el fin de incorporar dichos juicios en la configuración de un cuestionario y conseguir un consenso a través de la convergencia de las opiniones (Linstone et al., 1975).

Dentro de las técnicas cualitativas, en el análisis de los datos de la investigación, se ha utilizado la teoría fundamentada (Grounded Theory) (Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967). Para ello, se ha seguido el proceso indicado por Charmaz (Charmaz, 2006):

- Recogida de datos mediante muestreo teórico.
- Codificación inicial.
- Codificación orientada.
- Elevación de los códigos a categorías provisionales por codificación teórica.
- Redacción de los resultados obtenidos.



La característica fundamental de la investigación con teoría fundamentada es el procedimiento de muestreo teórico, donde se deben seleccionar los casos en función de su potencial para el desarrollo de nuevos puntos de vista y refinamiento de aquellos ya obtenidos. (Pace, 2004).

Como resultados de la aplicación de la teoría fundamentada, se debe obtener (Cutcliffe, 2005):

- La exposición de las principales variables que explican cómo resuelven sus problemas el colectivo estudiado.
- Los resultados identifican y conceptualizan los procesos básicos que las personas usan para resolver los problemas que consideran como clave.
- No es suficiente con describir los fenómenos. Es necesario dar un paso más y llegar a interpretar y explicar lo que sucede.

A diferencia de los estudios cualitativos, la muestra que se utiliza es muy diferente, comenzándose por una muestra general del tipo de empresas o personas donde deben comenzar las entrevistas, y la muestra será ajustada conforme avanza la investigación del tema de estudio.

Con las técnicas de observación, se realiza el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste. Es una técnica que consiste en observar, el hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación directa de un fenómeno ayuda a realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar. Adicionalmente, entre muchas otras ventajas, permite hacer una formulación global de la investigación, incluyendo sus planes, programas, técnicas y herramientas a utilizar.

Mediante el estudio de casos, se permite analizar el fenómeno objeto de estudio en su contexto real, utilizando múltiples fuentes de evidencia, cuantitativas y/o cualitativas simultáneamente. Por otra parte, ello conlleva el empleo de abundante información subjetiva, la imposibilidad de aplicar la inferencia estadística y una elevada influencia del juicio subjetivo del investigador en la selección e interpretación de la información.

El método de estudio de caso es una herramienta valiosa de investigación, y su mayor fortaleza radica en que a través del mismo se mide y registra la conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado (Martínez, 2006).

Las características de cada una de las fases de la investigación para conseguir los objetivos definidos, pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) En una primera fase, se ha utilizado la técnica del panel delphi, con la participación de cinco expertos en la actividad de mantenimiento industrial con más de 20 años de experiencia en dicho entorno, con el fin de consensuar, las preguntas de investigación a utilizar mediante la teoría fundamentada y consensuar un test que sirviera para analizar datos de una manera masiva entre los técnicos operativos de mantenimiento. Fue utilizado para marcar los factores fundamentales en la ingeniería del mantenimiento industrial, en relación a los factores intervinientes en los procesos de gestión del conocimiento con respecto a la operación- explotación, fiabilidad y eficiencia energética. Participaron cinco expertos de mantenimiento industrial de empresas diferentes. El panel sirvió para marcar los procesos de un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento, así como los cuestionarios generales y encuestas que sirvieran para la captación de la información primaria de comienzo de la investigación.
- b) Con posterioridad y con el fin de centrar la investigación en una empresa que reuniera las condiciones óptimas del estudio, y marcar las condiciones en que influye la gestión del conocimiento dentro de las empresas, se realizó un estudio de casos con apoyo de técnicas de observación directa y entrevistas a las personas responsables, de manera que se pudieran detectar en primera persona, las condiciones generales sobre sus departamentos de



mantenimiento, sus acciones estratégicas fundamentales, y su relación general con la gestión del conocimiento y su utilidad. Previo a la investigación de campo en la factoría. Se realizó a diez empresas del área industrial o de servicios en sus actividades de mantenimiento. Sirvió para tomar la determinación de las características globales que inciden en todas las empresas en el entorno de mantenimiento, así como la selección de la empresa donde se pudiera realizar la investigación de campo. En concreto las actividades o sectores de las empresas visitadas para el estudio, en total 10 (Tabla 1), pertenecen a las siguientes actividades:

3 empresas del sector industrial agroalimentario.

1 empresas del sector industrial manufacturero.

1 empresa sector distribución energía eléctrica.

1 empresa distribución agua sanitaria a poblaciones.

2 empresas servicio terciarios (Hoteles).

1 empresa servicio terciarios (Gran centro comercial).

1 empresa servicios subcontratados mantenimiento.

EMPRESA	CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES	OBSERVACIONES
EMPRESA 1	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 1230 personas - Plantilla mantenimiento: 230 personas - Actividad principal: Sector industria alimentaria (Producción de productos cárnicos embasados en crudo) - Zona de implantación: Nivel nacional, tres factorías distribuidas en España. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes necesidades de fiabilidad y sometido a estrictas normativas sanitarias. • Elevado número de instalaciones técnicas críticas orientadas hacia la producción de productos cárnicos. • Diversas secciones de mantenimiento especializadas con personal propio.
EMPRESA 2	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 360 personas - Plantilla mantenimiento: 45 personas - Actividad principal: Sector industria alimentaria (Producción de productos precocinados) - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sometido a estrictas normativas sanitarias. • La parada no programada del proceso productivo comporta grandes pérdidas indirectas.
EMPRESA 3	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 340 personas - Plantilla mantenimiento: 15 personas - Actividad principal: Sector industria alimentaria (Producción de embutidos cárnicos) - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sometido a estrictas normativas sanitarias. • La parada no programada del proceso productivo comporta grandes pérdidas indirectas.
EMPRESA 4	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 290 personas - Plantilla mantenimiento: 11 personas - Actividad principal: Sector industrial (Producción embases sanitarios) - Zona de implantación: Nivel internacional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción industrial y requerimiento de seguridad aumentado por las características del proceso productivo.
EMPRESA 5	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 11000 personas - Plantilla mantenimiento y operación: 4100 personas - Actividad principal: Producción, distribución y venta de energía eléctrica - Zona de implantación: Nivel internacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y operación de redes eléctricas de alta y baja tensión. • Aunque el ámbito de la empresa es internacional, se ha centrado el estudio en un sector o zona de actuación de la empresa.
EMPRESA 6	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 900 personas - Plantilla mantenimiento y operación: 400 personas - Actividad principal: Abastecimiento y distribución agua potable a poblaciones. - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y operación de redes de distribución de agua potable a poblaciones.
EMPRESA 7	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 6 personas - Plantilla mantenimiento: 6 personas - Actividad principal: Locales comerciales. - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones técnicas orientadas a los diversos locales comerciales ubicados en el centro y sus servicios comunes. • Reducido personal propio. El personal de mantenimiento está subcontratado a empresas externas
EMPRESA 8	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 68 personas - Plantilla mantenimiento: 15 personas - Actividad principal: Instalaciones eléctricas, fabricación de cuadros eléctricos y servicios subcontratados de mantenimiento - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España). 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de mantenimiento subcontratado a diversas empresas.
EMPRESA 9	<ul style="list-style-type: none"> - Plantilla total empresa: 22 personas - Plantilla mantenimiento: 5 personas - Actividad principal: Servicios hoteleros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones técnicas orientadas a dar servicio de calidad a las habitaciones y servicios de un hotel de 4 estrellas.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo IV: **Capítulo IV: ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.**

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



	- Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España).	• Personal de mantenimiento mixto, propio y subcontratado.
EMPRESA 10	- Plantilla total empresa: 35 personas - Plantilla mantenimiento: 5 personas - Actividad principal: Servicios hoteleros - Zona de implantación: Nivel regional, (Comunidad valenciana- España).	• Instalaciones técnicas orientadas a dar servicio de calidad a las habitaciones y servicios de un hotel de 5 estrellas. • Personal de mantenimiento mixto, propio y subcontratado.

Tabla 1: Características de las empresas de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Mediante el estudio de casos y la observación directa de las 10 empresas, se seleccionó una de ellas con el fin de centrar la investigación y profundizar en sus características internas de funcionamiento operativo de sus departamentos de mantenimiento. Los criterios para la selección de la empresa donde profundizar el estudio fueron los siguientes:

- Empresa con elevado componente de elementos críticos.
- Tener varias factorías o zonas de trabajo en diferentes poblaciones.
- Departamentos de mantenimiento consolidados.
- Disponibilidad y facilidad para hacer la investigación.

En concreto se seleccionó la empresa N°1, dado el alto volumen de instalaciones y equipamiento técnico de que disponía, con una gran plantilla de mantenimiento y trabajo en un entorno de requerimientos para conseguir la producción requerida. Así como una concienciación y facilidades para realizar la investigación. Se firmó un convenio con la Universidad Politécnica de Valencia, con fecha desde el 1 de Septiembre de 2010 hasta el 1 de Septiembre del 2012. En concreto el proceso indicado de esta fase de investigación, fue realizado durante un periodo de cinco meses desde Enero hasta Mayo de 2011. Se trata de una empresa de primer nivel dedicada al sector agro-alimentario con una plantilla total de 1137 empleados distribuida en tres sedes y un grupo de mantenimiento formado por 230 personas.

c) En una tercera fase y mediante la teoría fundamentada, se entrevistaron 10 personas pertenecientes a personal directivo de las empresas analizadas. Con el fin de obtener información que no estén condicionadas las respuestas de los entrevistados, se sigue un protocolo de entrevista en profundidad semi-estructurada con un estilo flexible, para extraer y entender las experiencias desde la visión del entrevistado, todos ellos pertenecientes a la dirección general de la empresa.

El formato de las preguntas para la entrevista individual se basa en diez preguntas básicas, siendo el guión básico de la entrevista como se indica a continuación:

- ♦ *Se pretende estudiar los factores que intervienen en la Gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento dentro de la empresa. Basándose en su experiencia personal, conteste a las siguientes preguntas:*

B01. *¿Qué políticas tiene la empresa sobre la gestión de conocimiento estratégico? ¿De qué manera se implica la dirección?*

B02. *¿Existen estrategias para la captación y utilización del conocimiento? ¿Incluye los departamentos de mantenimiento?*

B03. *¿Qué barreras o facilitadores cree que serían importantes en un proyecto de GC?. ¿Qué cree que podría hacer la dirección para mejorarlo?*

B04. *¿Se ha realizado alguna auditoría del conocimiento? ¿Se han creado o utilizado mapas de conocimiento para clarificar los flujos de conocimiento, dentro de las actividades tácticas más importantes?.*

B05. *¿Qué se exige por parte de la dirección de la empresa al departamento de mantenimiento? ¿Considera importante el conocimiento y la información manejada por el departamento de mantenimiento? ¿En que influye en la empresa?*

B06. *¿Qué particularidades observa que se dan entre el personal de mantenimiento? ¿Es fácil su renovación?*

d) En una cuarta fase, mediante la técnica de grupos de discusión, en un proceso preliminar, antes de profundizar con los técnicos operativos de mantenimiento. Se partió con un grupo

seleccionado de 5 personas, responsables de las diferentes secciones de mantenimiento de la empresa. Son 5 personas, pertenecientes a diferentes áreas de mantenimiento (Mecánica, eléctrica, sistemas, maquinaria producción, oficina técnica), dentro de un ambiente distendido y con la presencia del investigador como moderador, mediante unas preguntas guía utilizadas. El formato de las preguntas guías abiertas a discutir fueron:

- D01.** *¿Cuáles son los aspectos de éxito de las funciones que desempeña cada una de las áreas de mantenimiento hacia la empresa?*
- D02.** *¿Cómo se pueden mejorar las acciones estratégicas con una adecuada gestión del conocimiento?*
- D03.** *¿Qué tipo de conocimiento está relacionado con cada una de las actividades estratégicas de mantenimiento?*
- D04.** *¿Cómo se puede mejorar los procesos de captación, transmisión y utilización del conocimiento entre los técnicos operativos? ¿Qué mejoraría con ello en la eficiencia de los procesos de mantenimiento?*
- D05.** *¿Qué medios o herramientas serían adecuadas para la ayuda a la captura y transmisión del conocimiento estratégico?*
- D06.** *¿Qué barreras se observan y que facilitadores serían necesarios para implementar un proyecto de gestión de mantenimiento en las áreas de mantenimiento?*

e) En una quinta fase y mediante la teoría fundamentada, se entrevistaron 16 personas pertenecientes a personal operativo de mantenimiento de las diferentes secciones (Tabla 2). Al mismo tiempo se utilizó la técnica de observación directa, durante esta fase de investigación, con acceso a las instalaciones, documentación y equipamiento de la factoría por parte del investigador, se contrastaban las características reales de los trabajos realizados en mantenimiento, el estudio de sus relaciones internas, las características de la información utilizada por los equipos de mantenimiento, dando una visión de los fenómenos en el entorno de investigación por parte del investigador. Con ello se consigue el examen atento de los diferentes aspectos de un fenómeno a fin de estudiar sus características y comportamiento dentro del medio en donde se desenvuelve éste.

CATEGORÍA LABORAL	EXPERIENCIA LABORAL (MENOR DE 5 AÑOS)	EXPERIENCIA LABORAL (ENTRE 10 Y 15 AÑOS)	EXPERIENCIA LABORAL (>15 AÑOS)
TÉCNICOS MANTENIMIENTO OPERATIVOS. (MECÁNICOS)	1	5	1
TÉCNICOS MANTENIMIENTO OPERATIVOS. (ELÉCTRICOS-SISTEMAS)	1	3	1
TÉCNICOS MANTENIMIENTO OPERATIVOS. (PRODUCCIÓN)	1	2	1
TOTAL PARCIAL	3	10	3
TOTAL	16		

Tabla 2: Características de los técnicos entrevistados. Fuente: Elaboración propia.

El formato de las preguntas para la entrevista individual (y utilizada también en otras técnicas cualitativas) se basa en 22 preguntas básicas, siendo el guión básico de la entrevista como se indica a continuación:

- ♦ *Basándose en su experiencia en el ámbito de la ingeniería del mantenimiento industrial, se pretende estudiar los factores estratégicos del mantenimiento y su relación y evolución con procesos de gestión del conocimiento, contésteme a las siguientes preguntas:*
 - C01.** *¿Cuáles consideras que son las actividades estratégicas de la actividad de mantenimiento*



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

que afectan en mayor medida a la empresa?

- C02.** *¿En qué grado cree que afecta la experiencia del personal técnico de mantenimiento a dichas actividades estratégicas?*
- C03.** *¿Qué grado de información/conocimiento maneja usted a nivel propio en relación a las actividades de mantenimiento (conocimiento tácito, no registrado), y cual está documentado de manera precisa en la empresa (conocimiento explícito)? ¿Podría poner algún ejemplo?*
- C04.** *De la información explícita a la que puede tener acceso de la empresa para el desempeño de su trabajo (programas informáticos, manuales de maquinaria y equipos, planimetría, ordenes de trabajo, etc.). ¿En qué medida le es útil y que carencias observa en ella?*
- C05.** *¿De qué manera documentas o transmites tus trabajos/experiencias diarias en tu trabajo en mantenimiento, y cuanto tiempo utilizas en ello?*
- C06.** *¿Cuál es la manera habitual en que captas las experiencias operativas (importantes) de tus compañeros (mediante reuniones, conversaciones informales, etc.), para que tú pudieras resolver dicha actuación cuando te pudiera pasar (ejemplo: maniobras operativas ante averías) o realizar dicha tarea (ejemplo: labores de mantenimiento)?*
- C07.** *¿Se ha implantado algún programa de gestión del conocimiento en tu organización que involucre las acciones tácticas del mantenimiento?, ¿Si es que sí, que opinión te merece?*
- C08.** *¿Qué información/conocimiento debería capturarse o hacerse explícito, que te ayude en el desempeño de tus funciones?*
- C09.** *¿De qué forma debería estar estructurada dicha información/conocimiento, su accesibilidad (para compartirla), y su mantenimiento (como recogerla y actualizarla), de manera que sea fácilmente utilizable y accesible para usted?*
- C10.** *¿En qué beneficiaría tener la captura y conversión del conocimiento tácito a explícito, a nivel personal y a nivel de la empresa?*
- C11.** *¿Qué facilitaría bajo su opinión, la captura y conversión del conocimiento tácito a explícito?, ¿Cómo se debería hacer dicha captura de conocimiento?*
- C12.** *¿Qué barreras consideras más importantes para la puesta en marcha de un programa de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento?*
- C13.** *¿Qué te motivaría en tu apoyo e interés para capturar y registrar tu conocimiento tácito y el de tus compañeros, que pudiera mejorar el trabajo de tus compañeros y ayude a mejorar la productividad y eficiencia de la empresa?*
- C14.** *¿Qué tipo de acciones/experiencias deberían documentarse que afecten a acciones tácticas de la ingeniería del mantenimiento, tales como: Fiabilidad de los equipos y sistemas, Operación/explotación de las instalaciones, Eficiencia energética, Mantenibilidad?*
- C15.** *¿Cómo crees que afectaría al tiempo de acoplamiento de nuevo personal, y a los tiempos de actuación de todo los técnicos de mantenimiento, si estuvieran documentadas de manera útil, concisa y precisa, la estructuración y captación de dicha información de las acciones tácticas así como las experiencias operativas vividas en base a la experiencia?*
- C16.** *¿Qué factores deberían controlarse cuantitativamente (medirse), para ver en que afecta la mejora de la Gestión del conocimiento en las acciones tácticas del mantenimiento?*
- C17.** *Ante una nueva instalación, maquinaria, reforma, etc. ¿Sería conveniente introducir en los diagramas de gant/pert de duración de los trabajos, una nueva actividad en que se encuentre el registro y la recogida del conocimiento adquirido práctico y útil, plasmando las acciones o información relevante que ayuden en futuras instalaciones?*
- C18.** *¿Qué herramientas/técnicas, medios, etc., crees que te ayudarían a plasmar la información táctica y estratégica importante en tu actividad en el mantenimiento?*
- C19.** *¿Bajo tu criterio, que consideración tiene la gerencia de la empresa y los clientes de mantenimiento (producción, otras áreas de la empresa, etc.), de las actividades y misiones que desempeña el departamento de mantenimiento?*
- C20.** *¿Necesita saber más sobre estos temas, en referencia a la gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento?, ¿Qué lagunas de conocimiento tiene sobre estos temas, que le impide sacar más provecho?*
- C21.** *¿Qué tipo de formación sería conveniente recibir, en qué grado y manera, para que le*



hicieran mejorar en la eficiencia de tu trabajo?

C22. Introduce a continuación cualquier dato o *sugerencia* que consideres relevante y que no se haya tratado en el cuestionario

- f) Así mismo y con el fin de profundizar sobre la percepción sobre el conocimiento sobre las acciones estratégicas (fiabilidad, operación, eficiencia energética y mantenibilidad) por parte de los operarios de mantenimiento, y acceder de manera masiva a mayor número de personal de la plantilla operativa (Tabla 3), fue pasada una encuesta (Figura 2) a todo el personal operativo con el fin de identificar y cuantificar su percepción, entre el conocimiento propio que utilizan (tácito) y el conocimiento que perciben que existe documentado de manera útil y precisa por parte de la organización (explícito), factores intervinientes en el desempeño de sus funciones.

A-10 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ING. MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-10 CONOCIMIENTO TÁCITO Y EXPLÍCITO EN LA ORGANIZACIÓN)

001. Pondera de manera global, tu nivel de conocimiento o información *tácita* (la que manejas tu, debido a tu experiencia y desempeño, y no está documentada en la organización) sobre los factores indicados a continuación, que utilizas en el desempeño de tu trabajo, en relación a la información *explícita* (totalmente documentada y muy clara por parte de la organización). (valor 1: Escaso conocimiento o documentación; valor 5: Excelente conocimiento o documentación). EJEMPLO: en el ítem "a) FIABILIDAD", yo puedo estimar que mi nivel de conocimiento en la resolución de fallos y hacer frente a averías es "4", y la documentación que percibo o existe en la organización para resolver de manera clara y eficiente procesos de fallo la estimo en "1"

a) FIABILIDAD Y PROCESO DEL FALLO: Conozco con precisión los posibles fallos y resolución de averías, sé cómo proceder, sobre qué puedo actuar, qué herramientas o repuestos utilizo, busco soluciones y analizo posibles fallos que se pudieran producir para tenerlos en cuenta.

Tu conocimiento: 1 2 3 4 5

Documentado de manera útil y precisa en la organización: 1 2 3 4 5

b) OPERACIÓN/EXPLOTACIÓN: Conozco ante actuaciones de operación de los equipos, máquinas o instalaciones, la posición de los elementos clave; conozco la distribución de la fábrica y donde están situados los elementos de maniobra y actuaciones a realizar en ellos. Sé manejar los elementos críticos.

Tu conocimiento: 1 2 3 4 5

Documentado de manera útil y precisa en la organización: 1 2 3 4 5

c) EFICIENCIA ENERGÉTICA: Conozco el proceso energético, posibles variaciones de gasto energético de equipos, maquinaria e instalaciones según su utilización. Puedo estimar y detectar mejoras que rodanden en la eficiencia energética de un equipo o sistema completo. Pospongo mejoras en materia energética.

Tu conocimiento: 1 2 3 4 5

Documentado de manera útil y precisa en la organización: 1 2 3 4 5

d) MANTENIBILIDAD: Conozco con precisión los trabajos rutinarios de mantenimiento, los factores y metodología a utilizar. En trabajos de mantenimiento periódicos, sé el proceso completo a realizar, las herramientas a utilizar y el material o repuestos necesarios. Manejo con soltura equipos de medición y comprobación utilizados en las técnicas de mantenimiento.

Tu conocimiento: 1 2 3 4 5

Documentado de manera útil y precisa en la organización: 1 2 3 4 5

Figura 2: Características de la encuesta entre los miembros operativos de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

EXPERIENCIA EMPLEADOS	NÚMERO
< 3 AÑOS	24
3 a 5 AÑOS	28
>5 AÑOS	72
TOTAL	124

Tabla 3: Características de la encuesta entre los miembros operativos de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados

En este apartado se enumeran los diferentes elementos detectados que actúan como barreras y facilitadores en la gestión del conocimiento en relación con la incidencia en las acciones estratégicas de mantenimiento. Se comentará en primer lugar desde la visión general de la dirección de la empresa, pasando posteriormente por la propia organización de mantenimiento.

4.1. La percepción de la dirección de la empresa.

Políticas de GC e implicación de la empresa.

Se establece por la totalidad de los entrevistados, que la implicación de los órganos de dirección de la empresa es un elemento clave para la implantación y sostenimiento de proyectos de



gestión de conocimiento. El apoyo de la dirección es, además, indispensable para la continuidad de los proyectos promovidos y su sostenibilidad.

Sin embargo, se detecta una confusión en ocho de las diez empresas entrevistadas entre la diferencia entre la gestión de la información y la gestión de conocimiento. Todas las empresas han adaptado o están en fase acoplar, políticas para la gestión de la información, enfocada principalmente hacia las áreas administrativas (procedimientos administrativos, recursos humanos, comercial, compras y marketing, etc.), sin embargo ninguno de los entrevistados, incluso considerando la importancia de mantenimiento para la sostenibilidad de los objetivos de la empresa, ha adoptado medidas para la introducción en esa área. Consideran la dificultad de entrar en esa área de la empresa, donde observan que anida mayor conocimiento experto en base a la experiencia y especialización requerida para su desempeño.

Estrategias de captación y utilización del conocimiento.

Todos los entrevistados afirman que es necesario formalizar estrategias para captación, generación y utilización del conocimiento, que incidan en la competitividad de la empresa. Las estrategias utilizadas actualmente por las empresas entrevistadas, consisten en su mayoría en la utilización de las intranets y reuniones periódicas o informales con los directivos de la empresa. Se encuentran formalizados mapas de conocimiento tipo “páginas amarillas”, con los nombres de las personas con información y atribuciones en las diferentes áreas de la empresa.

Los documentos son los que tienen un mayor impacto en la organización al momento de transferir el conocimiento, pero desafortunadamente no existe tiempo suficiente para documentar aquellas actividades o acciones importantes para el desarrollo de los servicios que se prestan. Las reuniones son relevantes para la organización como un medio para transferir el conocimiento. Éstas se realizan con cierta frecuencia, entre los mandos y jefes de mantenimiento, que permiten conocer las estrategias globales.

Barreras y facilitadores para la GC.

De igual manera, en la presente investigación, se ha detectado que una actitud proactiva de la dirección, la existencia de cultura organizativa en la empresa y que pueda ser transmitida al propio departamento de mantenimiento y una motivación del personal involucrado que infunda oportunidades de aprender, son elementos importantes en la generación del conocimiento. En cuanto las barreras, plantillas ajustadas, la poca disponibilidad de tiempo, para utilizarlo en acciones que no sean propias de la actividad de mantenimiento, la dispersión o no actualización de la información necesaria.

Papel del mantenimiento en la empresa.

Coinciden con ciertas matizaciones, en las cuatro actividades estratégicas que debe cumplir la organización de mantenimiento:

Fiabilidad: Es la actividad estratégica fundamental para las empresas de producción industrial y servicios de distribución de energía eléctrica y de agua. El acotar los procesos de fallo, así como los reducir tiempos de reposición de servicio ante averías es fundamental por el elevado coste indirecto repercutido sobre el resto de áreas de la empresa. El conocimiento de la resolución de averías es crítico, dado que afecta de forma intensa a la producción de la empresa o del servicio que presta. No suele haber un estudio crítico de la fiabilidad, y mapa de conocimiento ante crisis. Es preciso un conocimiento profundo de los procesos clave.

Mantenibilidad: Todos la consideran como la razón en donde se centra la actividad de mantenimiento, indispensable para conseguir la disponibilidad de los equipos e instalaciones y alargar el ciclo de vida de la maquinaria e instalaciones. En las empresas de servicios terciarios (hoteles, centros comerciales), donde se concentra el mayor nivel de



subcontratación de los servicios de mantenimiento, se observa por parte de las gerencias, más como un requisito legal (mantenimiento reglamentario), que como una oportunidad de mejora de la eficiencia de los servicios. Existe una dependencia de los operarios con mayor experiencia y conocimiento de las instalaciones y equipamiento.

Eficiencia energética: El papel de vigilancia en el consumo energético eficiente, es un papel fundamental que se le asigna a los departamentos de mantenimiento. Su repercusión económica trasladada al precio del producto final (en el caso de las empresas de producción industrial), o sobre el servicio prestado (empresas de servicios terciarios), hace que sea una variable importante a tener en cuenta. Es necesario un conocimiento profundo de las instalaciones y equipamiento, así como las características de los procesos de producción utilizados, para determinar la mejor opción de eficiencia energética.

Operación/explotación: El proceso del conocimiento en las acciones rutinarias de operación, es propio de las características de las instalaciones de cada empresa y supone un tiempo de acoplamiento de los técnicos de mantenimiento. Dichas acciones operativas, afectan de forma directa en la eficiencia de los procesos o servicios que se prestan. Todos los entrevistados coinciden, que ante cambios de personal de mantenimiento o de la empresa subcontratada, se produce un quebranto durante los primeros meses de funcionamiento hasta el acoplamiento del nuevo personal, cuando se produce un mayor conocimiento de las instalaciones y características demandadas por la empresa. Se reconoce que los procesos de subcontratación, significa que la empresa subcontratista administra un conocimiento estratégico de la propia compañía, que normalmente se pierde ante el cambio o sustitución de dicha empresa.

Percepción de la dirección sobre el desempeño de mantenimiento.

Todos los directivos entrevistados coinciden sobre la relevancia del papel de mantenimiento en la empresa. Sin embargo, las empresas de servicios terciarios son más partidarias de la subcontratación del servicio. En las empresas industriales, la subcontratación se realiza con mayor frecuencia en aquellas áreas de mantenimiento que pueden afectar en menor medida en la producción. Reconocen que es una actividad en la que se requiere y exigen unos conocimientos técnicos profundos, una experiencia contrastada, y que ante la sustitución o ampliación del personal, requiere una búsqueda minuciosa y compleja.

4.2. La percepción de la organización de mantenimiento.

Con el grupo de discusión formado por los jefes de las diferentes áreas operativas de mantenimiento, se extraen a conclusiones relevantes:

Factores de éxito de mantenimiento: Coincide el grupo en que una reducción de paradas de producción mediante el control del fallo y las acciones operativas y maniobras de explotación, es la principal exigencia por parte de la gerencia de la empresa. La acotación de la demanda energética, es fundamental dado que repercute directamente en el precio del producto elaborado. La mantenibilidad es la parte desde donde se centra las diversas acciones del departamento, e influye directamente sobre el resto de actividades estratégicas, aunque consideran que se abusa en exceso del mantenimiento correctivo, destinándose el preventivo y predictivo hacia los componentes más críticos.

Gestión del conocimiento: Se reconoce en mayor medida el funcionamiento del personal operativo en base a su propio conocimiento (tácito). Se cuenta con gran volumen de información (catálogos, manuales, planimetría, partes de trabajo, mediciones y datos cuantitativos, etc.), aunque normalmente está desestructurada, información excesiva que cuesta vislumbrar lo importante, y la reticencia del personal de explicitar las experiencias. De igual manera, la falta de tiempo, las plantillas ajustadas y las reticencias del personal son las principales barreras que observan.

Mejora de los procesos de GC: El grupo considera que muchas de las acciones fundamentales pierden eficiencia por la inadecuada transmisión del conocimiento: Muchas de las tareas experimentadas por otros, vuelven a ser deducidas por otros compañeros cuando se presenta el



caso. Esto conlleva una ineficiencia importante, que ante maniobras o fallos no cíclicos, produce un aumento del coste de la consecuencia del fallo, y un mayor tiempo de reposición.

Se podrían mejorar los procesos de GC, mediante una concienciación del personal, una formación encarada al beneficio de dichas estrategias, formar grupos de trabajo para aligerar la información estratégica, y muy relevante, marcar la responsabilidad y mando del proyecto en una persona interna al departamento de mantenimiento (Gestor de conocimiento de mantenimiento).

Con las entrevistas semi-estructuradas basándose en la teoría fundamentada, a 16 operarios con diferentes experiencias laborales en la empresa, se extrae las siguientes consideraciones:

Las actividades estratégicas de mantenimiento.

Todos los entrevistados han identificado como principales actividades estratégicas de los departamentos de mantenimiento las siguientes:

- La fiabilidad de los activos físicos, que incide sobre las estrategias de producción o de servicios a prestar por la empresa.
- La mantenibilidad, fundamental para garantizar la disponibilidad y aumentar el ciclo de vida de los equipos e instalaciones.
- La operación/explotación de los equipos e instalaciones, relacionada con las maniobras y acciones operativas que se registran como base de demandas o necesidades de servicio.
- La eficiencia energética, como un valor económico, ambiental y que incide sobre las demás actividades.

Experiencia y conocimiento utilizado.

Reconocen que en su actividad diaria, la base de sus actuaciones se fundamenta en sus experiencias personales propias (extraídas en numerosas ocasiones en el procedimiento de prueba-error-acierto). La interiorización del conocimiento se realiza mediante comentarios de las experiencias de otros compañeros, mediante reuniones informales, habiendo pasado todos por una fase de osmosis de conocimiento entre los compañeros con mayor experiencia y que conocen en gran medida las instalaciones de la empresa. Reconocen los operarios de menor experiencia que existe un gran tiempo de acoplamiento dentro de la empresa en su periodo de incorporación.

La documentación explícita existente en la organización, se utiliza escasamente, y sólo ante acciones críticas es consultada, observándose una gran desestructuración de toda la información.

Normalmente las experiencias se documentan de una manera muy breve en los partes de trabajo diario, siendo este más un sistema de justificación del tiempo, que de recoger o fundamental las acciones importantes realizadas que sirvan al resto de compañeros de la organización.

Estrategias de utilización del conocimiento en mantenimiento.

No se ha implantado ningún programa de gestión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento. Si se realizan sistemas para gestionar la documentación implementada (partes de trabajo) y para la gestión informática del mantenimiento mediante programas informáticos de gestión (periodos, materiales, tiempo, mantenimientos preventivos, etc.). Todos ellos consideran la conveniencia de estructurar el volumen de información de la organización, de manera de resaltar lo importante y que normalmente se utiliza, tener diagramas de bloques y de fallos de los sistemas para una visión global y rápida de los procesos, así como detallar las experiencias de una manera detallada con la inclusión de fotos y videos explicativos, que de soporte a todo el equipo de las experiencia de otros.

El intranet así como el uso del correo electrónico es utilizado en la transferencia del conocimiento por los mandos de mantenimiento. Los técnicos de mantenimiento, dado que normalmente ejecutan trabajos de oficios manuales, normalmente no disponen de un puesto



informático individual, utilizando un servicio colectivo donde se introducen los datos de las acciones ejecutadas o partes de trabajo y con acceso a la intranet en conjunto. En muchas ocasiones no existe una clara definición de lo que alberga Intranet y para algunos empleados es más fácil acceder a sus propias fuentes de conocimiento.

Barreras y facilitadores para la GC en mantenimiento.

Las barreras fundamentales identificadas para la adecuada gestión del conocimiento han sido la poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes, las barreras culturales con una cultura basada en el “saber propio”, no compartido, sobre todo en los técnicos operativos (con un alto componente de conocimiento tácito y por tanto no registrado), así como el conseguir la total implicación del personal, y la disponibilidad de tiempo, son las barreras localizadas.

La formación la consideran un facilitador importante. Consideran que la formación encarada al propio entorno de trabajo (más que los cursos genéricos), es la que más utilidad le puede dar a su manera de aprendizaje, y con aplicación directa a los problemas de la empresa. Normalmente utilizan el auto-aprendizaje, como motivación y mejora para su desempeño.

Un estilo directivo proactivo y participativo que promueve el surgimiento de nueva ideas y procesos de trabajo, estimula en la colaboración del grupo de mantenimiento y alentar a compartir su conocimiento y la comunicación entre los miembros de la organización.

El establecer una o varias personas (Gestor de conocimiento de mantenimiento) que coordinen, lideren y normalicen la manera de captación y administración del conocimiento, consideran todos ellos como base de seguimiento del proyecto. Dichos coordinadores, consideran, deben pertenecer al propio departamento y con un conocimiento y experiencia profunda de las características en que se desenvuelve el trabajo y la visión de los problemas fundamentales.

Relación de la GC con las acciones estratégicas fundamentales de mantenimiento.

Del estudio cualitativo en base a las entrevistas a los operarios de mantenimiento, se confirma que la adecuada gestión del conocimiento, afectaría en gran medida sobre las actividades estratégicas, mejorando las siguientes acciones:

- Captura del conocimiento tácito estratégico de los técnicos operativos de mantenimiento.
- Resolución de averías críticas en menor tiempo (en especial las no cíclicas).
- Reducción de los tiempos de maniobras operativas.
- Facilitar el cambio de área o sustituciones de personal.
- Disminución de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal.
- Captura de información y transferencia de empresas subcontratistas.
- Compartir conocimiento de empleados que puede ser utilizado por otros que puedan detectar nuevas oportunidades de mejora.
- Mejora del conocimiento de la fiabilidad del equipo e instalaciones.
- Mejora del conocimiento para la detección y mejora de acciones de eficiencia energética.
- Optimización del tiempo, que redunda de nuevo en la gestión del conocimiento y la reducción de costes del mantenimiento.

Mantenibilidad: Afecta a todos los equipos e infraestructuras de la empresa. Consideran la gran variedad de procesos y acciones para realizar un mantenimiento eficiente en cada uno de los elementos, que requiere una gran dosis de experiencia y conocimiento. La adaptación de los empleados para realizar los trabajos de mantenimiento, se produce mediante el conocimiento del entorno donde se encuentran las instalaciones, adquiriéndose, normalmente, el conocimiento

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV:
ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

necesario mediante la observación y comentarios de los empleados con mayor experiencia, hasta ser totalmente autónomo en los procesos que la llevan a cabo. Consideran los empleados de menor experiencia laboral, unos tiempos de dudas y retrasos en la realización hasta que se consigue la seguridad en la realización de los procesos a ejecutar. Todos consideran, que aun siendo la actividad que está más documentada dentro de la organización debido a la utilización de programas de gestión de mantenimiento por ordenador, sin embargo las acciones a realizar y experiencias anecdóticas útiles, no se suelen documentar, debiéndolas a experimentar los operarios que no hayan pasado por dicha situación.

Fiabilidad: La principal demanda de los departamentos de producción es evitar las paradas de los equipos e instalaciones dependientes para la producción. Todos consideran que el conocimiento de los fallos cíclicos y no cíclicos, los han adquirido en base a su experiencia en su desempeño, teniendo mayor seguridad en la prevención y resolución de averías los empleados de mayor experiencia. No suelen estar documentados los procedimientos de resolución, habiéndose realizado el proceso de aprendizaje en base al proceso de prueba-error y comentarios informales de otros empleados que han vivido esas situaciones anteriormente. No se suelen hacer diagramas de criticidad y de procesos de fallo, y ante acciones críticas no cíclicas, se produce una pérdida de tiempo muy importante en la resolución de la avería que afecta económicamente a la empresa, por el exceso de tiempo en la reposición del servicio.

Eficiencia energética: De gran relevancia económica debido a que afecta a nivel económico en el precio final de los productos realizados por la compañía. Comentan que es la acción estratégica más controlada por la dirección de la empresa, y que normalmente se centra en la cuantificación de los consumos energéticos generales u revisión de tarifas de las compañías suministradoras. Todos consideran que existen numerosas acciones para la eficiencia energética de escasa actuación (revisión de consumos inútiles, cierres de válvulas, control de consumos de maquinaria en proceso de parada de producción, etc.), sin embargo no se suelen documentar. Muchas de las acciones de bajo impacto se realizan directamente por los operarios en su buen saber hacer, debido a su propia experiencia en la factoría y el saber las características de los procesos de fabricación. Los empleados tardan en adaptarse, y sólo cuando se tiene una experiencia consolidada en la factoría, se tiene el conocimiento suficiente para tomar decisiones útiles en esa dirección. Se admite que con la adopción de muchas de esas pequeñas acciones de eficiencia energética, se puede conseguir unos ahorros relevantes, así como el prever y planificar nuevas acciones que redunden en su mejora.

Operación/explotación: Son acciones normales y de actuación en el ciclo de funcionamiento de la factoría (maniobras de instalaciones, procesos de parada y rearmado de maquinaria, accionamiento de interruptores automáticos por disparo, etc.). En el proceso del conocimiento en las acciones rutinarias de operación, es propio de las características de las instalaciones de cada empresa y supone un tiempo de acoplamiento de los técnicos de mantenimiento muy importante. Dichas acciones operativas, afectan de forma directa en la eficiencia de los procesos o servicios que se prestan. Todos los entrevistados coinciden, que ante cambios de personal de mantenimiento o de la empresa subcontratada, se produce un quebranto durante los primeros meses de funcionamiento hasta el acoplamiento del nuevo personal, cuando se produce un mayor conocimiento de las instalaciones y características demandadas por la empresa. Se reconoce que los procesos de subcontratación, significa que la empresa subcontratista administra un conocimiento estratégico de la propia compañía, que normalmente se pierde ante el cambio o sustitución de dicha empresa.

Implicación de los operarios.

La implicación de los operarios es otro facilitador clave en la sostenibilidad en un proyecto de gestión de conocimiento en mantenimiento. Deben estar totalmente involucrados como fuente fundamental del conocimiento estratégico y de las mejoras desarrolladas, así como raíz de ideas y parte del proceso de las mejoras. Sin la participación e implicación de los operarios el proyecto de gestión de conocimiento está condenado al fracaso, dado que debe, como principio, implicar a todos los miembros de la organización. Para conseguir la implicación de los operarios



se requiere formación, apoyo y reconocimiento explícito por parte de la dirección de la empresa y los mandos de mantenimiento.

Una gran parte de los entrevistados comentan como muy positivo la implantación de incentivos materiales en función de las mejoras conseguidas por el trabajo, tanto en grupo como individual. Al iniciar el proyecto de GC es recomendable tener incentivos, pero una vez se ha asimilado la cultura consideran suficiente con el reconocimiento expreso por parte de la empresa.

A nivel individual la motivación personal y la oportunidad de aprender facilita la generación del conocimiento que al ser compartido con otros miembros del grupo da lugar al conocimiento organizativo.

Recursos, herramientas y medios.

Se confirma la necesidad de la figura de un “gestor del conocimiento”, como un facilitador importante en la captación de la transferencia y utilización del conocimiento. Esta figura debería ser una persona con formación técnica, organizativa y nociones de gestión del conocimiento, con gran experiencia en el área operativa de mantenimiento (que conozca en profundidad de primera mano los factores que influyen en su trabajo), y que aglutine todos los esfuerzos de la organización de mantenimiento para gestionar un conocimiento estratégico que pueda ser utilizado por toda la organización.

Los recursos no deben ser únicamente económicos sino también recursos de personal. Además, se debe considerar la gestión del conocimiento como una carga de trabajo (con mayor incidencia en sus comienzos), es decir, se debe reservar un tiempo semanal a desarrollar las actividades para formalizar el modelo de gestión del conocimiento, como parte de las tareas diarias.

La dotación de recursos va íntimamente ligada a la implicación de los operarios. Si la dirección no dota de recursos para implantar las mejoras planteadas por los operarios, éstos sienten que dirección abandona el compromiso con el proyecto de GC, decayendo la implicación de los operarios.

De igual manera consideran que las auditorías (de mantenimiento, de conocimiento, energéticas, etc.), utilizadas en pocas ocasiones, manifiestan que la aplicación de dichas técnicas potenciaría en un primer proceso en la elaboración de una estrategia global de gestión del conocimiento.

Confirman que las características que debería tener la plataforma tecnológica utilizada para la gestión del conocimiento debe contar con mecanismos sencillos y ágiles que les permitan compartir con rapidez y eficiencia sus experiencias, que generen conocimiento.

El auto-aprendizaje en base a la información y el conocimiento del resto de los operarios, es considerado como un facilitador que ayudaría en gran medida a adquirir la seguridad en la resolución, y evitar tiempos de actuación y acoplamiento en la experiencia en la realización de acciones.

La percepción hacia la gerencia.

La mayor parte de los entrevistados considera que es fundamental la implicación de la gerencia. Un proyecto de gestión de conocimiento debe ser impulsado por el departamento de mantenimiento, con la implicación y dotación por parte de la gerencia de la empresa. Comentan que muchas de las variables que se exigen a mantenimiento vienen condicionadas con la contención del gasto y los resultados económicos. Un proyecto de GC es a largo plazo, y debe ser entendida por parte de la gerencia como una inversión de mejora que dará resultados económicos a la empresa en un medio o largo plazo.

4.3. La percepción cuantitativa de los operarios de mantenimiento.

Para estimar la percepción entre la diferencia entre el conocimiento basado en la propia experiencia de los operarios de mantenimiento, en relación con el conocimiento que ellos perciben que está explícito en la organización, se ha pasado un cuestionario a todo el personal operativo de mantenimiento de la organización (124 operarios), de cuatro ítems, subdividido entre las dos percepciones. Basándose en un índice de conocimiento máximo valorado en 5, se



han obtenido las siguientes medias en función de las diferentes actividades estratégicas (Gráfica 1), y la antigüedad de los operarios.

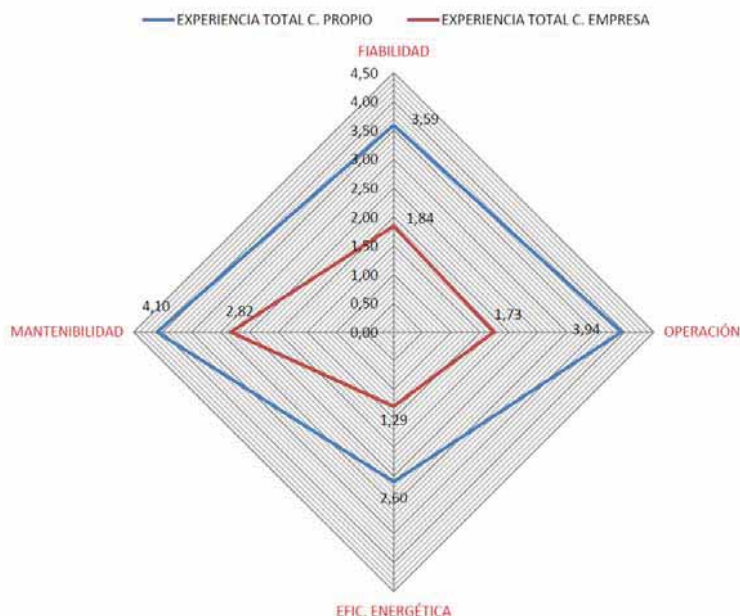


Gráfica 1: Características de la encuesta entre los miembros operativos de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la consideración entre el conocimiento que utilizan los operarios para realizar sus acciones diarias, se fundamentan en mayor medida en su saber propio (tácito), considerando que muchas de dichas acciones no están recogidas en el conocimiento explícito de la empresa. Esto se observa en mayor medida entre los operarios de mayor antigüedad donde dicho contraste en mucho mayor.

En la gráfica 2 de tipo radar, se puede observar, según el estudio, la comparación entre el conocimiento propio estratégico, en contraste al que dispone explícito la organización de mantenimiento. Aunque está basado en una visión subjetiva por parte de los operarios, se detecta en todos ellos un nivel superior de percepción en el conocimiento propio, como mecanismo para el desempeño de sus misiones fundamentales. Se dan mayores niveles de conocimiento por parte de los operarios y en la organización en las acciones de mantenibilidad. Esto puede ser debido en gran medida, porque es donde normalmente se concentra el grueso de la información y procedimientos del departamento de mantenimiento (programas de gestión de mantenimiento, tablas de estimaciones de mantenimiento, etc.). De igual manera se puede extraer, que el nivel de conocimiento tácito en relación al explícito de la organización, va aumentando en relación al aumento de la antigüedad y por ello la experiencia de los operarios.

RADAR CON. PROPIO Vs CON. EMPRESA



Gráfica 2: Radar de conocimiento propio en relación al conocimiento explicitado. Fuente: Elaboración propia.

5. Discusión

Mediante el estudio de casos y la observación directa a las empresas objeto de la investigación, se observan diferencias importantes en la concepción del mantenimiento, dependiendo del área económica a la que se dedican los fines de la empresa (Tabla 4).

Se tiene mayor reconocimiento de mantenimiento por parte de las gerencias en las empresas de producción industrial, con lo cual se tiende en mayor medida al personal propio, dado que afecta directamente a su estrategia y eficiencia en la producción.

En las empresas de servicios terciarios, se tiende a la subcontratación total de los servicios de mantenimiento. Se tiene una gran dependencia de la empresa subcontratista de mantenimiento. Ante cambios de la empresa existe un periodo de ineficiencia hasta el acoplamiento de la nueva empresa subcontratista. El conocimiento estratégico de la empresa está en manos de empresas ajenas.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

CASOS EMPRESAS	ACCIONES FUNDAMENTALES DEMANDADAS A MANTENIMIENTO	GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN / CONOCIMIENTO	COMENTARIOS DE LA OBSERVACIÓN DIRECTA DEL ESTUDIO DE CASOS
TIPO "PRODUCCIÓN INDUSTRIAL" (Nº 1, 2, 3, 4)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la fiabilidad y prevención de paradas de producción. Actuación en un elevado número de instalaciones técnicas críticas, orientadas hacia la producción. Restricción del gasto y contención económica. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe mayor documentación en las acciones de mantenibilidad. En numerosas ocasiones exceso de documentación, que hace poca efectiva la consulta y adquisición del conocimiento. El transvase de conocimiento en mantenimiento se realiza fundamentalmente por reuniones informales y la experiencia en el tiempo en la factoría. Existe un gran periodo de acoplamiento para conseguir la operatividad y el conocimiento necesario de los operarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Elevado seguimiento de los departamentos de producción sobre mantenimiento. Ante acciones críticas se observa el efecto "zafarrancho de combate", que denotan la inseguridad y falta de procedimiento en dichas actuaciones. Se observan islas de conocimiento entre las diferentes áreas de mantenimiento. La reposición del personal suele ser costosa en encontrar candidatos adecuados.
TIPO "SERVICIOS DISTRIBUCIÓN AGUA O ENERGÍA" (Nº 5, 6)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la operación y maniobras de instalaciones, y la resolución de averías. Actuación con gran dispersión de las instalaciones a nivel territorial, que hace necesario un tiempo de acoplamiento elevado de los operarios. Los tiempos en reposición del servicio afectan directamente a los resultados económicos de la compañía. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento en base a la experiencia en las actuaciones. Los operarios de nuevo ingreso, adquieren el conocimiento necesario, acompañando y observando a operarios veteranos. Adquisición de conocimiento en base a reuniones informales y conversaciones telefónicas. Existe un gran periodo de acoplamiento para conseguir la operatividad y el conocimiento necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajos muy basados en la experiencia y conocimiento tácito de los operarios de mayor antigüedad. Documentación de trabajo poco elaborada, utilizando la propia "libreta práctica" de trabajo los operarios. Se observan islas de conocimiento entre las diferentes áreas de trabajo. Los empleados de un área territorial, encuentran dificultades en adaptarse a otras áreas territoriales.
TIPO "SERVICIOS TERCIARIOS" (HOTELES, CENTROS COMERCIALES) (Nº 7, 9, 10)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la calidad del servicio prestado. Actuación en un elevado número de instalaciones técnicas críticas orientadas hacia el servicio a los clientes. Se tiende a la subcontratación de los servicios de mantenimiento. Orientado hacia el mantenimiento legal. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento estratégico en manos de empresas externas (subcontratista). En numerosas ocasiones documentación perdida o desestructurada, debido normalmente al poco seguimiento de la gerencia. El transvase de conocimiento en mantenimiento se realiza de forma brusca cuando existe un cambio en la empresa subcontratista, produciéndose en esos periodos pérdida de operatividad y eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Gran dependencia de la compañía sobre la empresa subcontratista. Ante acciones críticas se observa el efecto "zafarrancho de combate", que denotan la inseguridad y falta de procedimiento en dichas actuaciones. Las gerencias observan a mantenimiento como una fuente de gastos.
TIPO "APOYO SUBCONTRATADO" A LOS SERVICIOS MANTENIMIENTO. (Nº 8)	<ul style="list-style-type: none"> Actuación sobre los servicios demandados por la compañía que requiere su experiencia. Actuación sobre trabajos no críticos en áreas de producción. En empresas de servicios terciarios, se puede requerir todos los trabajos de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Se encuentran con grandes lagunas de información cuando se hacen cargo de instalaciones, ante un cambio de empresa subcontratista. El conocimiento en las áreas de trabajo requieren un tiempo de acoplamiento importante. No se documentan normalmente las acciones críticas y los procesos de trabajo basados en la experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Se busca la rentabilidad de la empresa de servicios subcontratado, frente muchas veces, a los propios criterios de la empresa que los requiere. Existe un gran movimiento del personal. Suele faltar cualificación en el personal de conducción de las instalaciones, posiblemente debido a salarios contenidos.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene mayor reconocimiento de mantenimiento por parte de las gerencias en las empresas de producción industrial, con lo cual se tiende en mayor medida al personal propio, dado que afecta directamente a su estrategia y eficiencia en la producción. En las empresas de servicios terciarios, se tiende a la subcontratación total de los servicios de mantenimiento. Se tiene una gran dependencia de la empresa subcontratista de mantenimiento. Ante cambios de la empresa existe un periodo de ineficiencia hasta el acoplamiento de la nueva empresa subcontratista. El conocimiento estratégico de la empresa está en manos de empresas ajenas. 		

Tabla 4. Características observadas en el estudio de casos en referencia al mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

De los estudios cualitativos se extrae que una cultura organizativa proactiva flexible unido a un estilo participativo de la dirección, son elementos que permiten desarrollar actividades tanto de la generación como de la transferencia del conocimiento dentro de la organización.

Los operarios consideran que la motivación personal y la oportunidad de aprender, facilita la generación del conocimiento que al ser compartido con otros miembros de la empresa da lugar al conocimiento organizativo, que se intensifica con una cultura organizativa abierta. Los participantes en el estudio consideran que la posibilidad de aplicar sus conocimientos en las actividades de la organización los motiva en el auto-aprendizaje, aprender nuevas herramientas y crear nuevas formas de hacer las cosas. Cuando esta motivación personal se ve reforzada al saber que sus opiniones y sugerencias para adquirir un conocimiento externo pueden ser tomadas en cuenta, se potencian los procesos de transferencia y utilización del conocimiento.

Se hace presente, la necesidad de la figura de un “gestor del conocimiento”, como un facilitador importante en la captación de la transferencia y utilización del conocimiento. Esta figura debería ser una persona con formación técnica, organizativa y nociones de gestión del conocimiento, con gran experiencia en el área operativa (que conozca en profundidad de primera mano los factores que influyen en su trabajo), y que aglutine todos los esfuerzos de la organización de mantenimiento para gestionar un conocimiento estratégico que pueda ser utilizado por toda la organización. Su dedicación podría ser parcial o total (según las características de la empresa), compartiéndola con la dedicación en otras facetas del área de mantenimiento, y podría cumplir al mismo tiempo un vínculo de enlace con el resto de la organización (producción, administración, etc.), que ayudaría a la mayor calidad del servicio prestado de mantenimiento. Esto sugiere que el conocimiento que se desea transferir necesita ser una prioridad dentro de la organización donde su transferencia requiere ser planeada como el resto de las actividades estratégicas de la empresa.

Las barreras fundamentales localizadas por este estudio son la poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes, las barreras culturales con una cultura basada en el “saber propio”, no compartido, sobre todo en los técnicos operativos, así como el conseguir la total implicación del personal.

De igual manera se ha identificado el uso masivo de mecanismos informales de transferencia del conocimiento, que hacen que la información se encuentre en “islas” dentro de la propia organización. Se hace presente el gran volumen de conocimiento tácito manejado por parte de los operarios, que es la manera fundamental de funcionamiento, en comparación con la información o conocimiento explícito de la organización (gráfica 3).



Gráfica 3. Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Se confirma en el presente estudio la trascendencia que una adecuada gestión del conocimiento puede tener sobre las actividades estratégicas fundamentales de mantenimiento confirmadas por todo el personal entrevistado (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación). En la figura 3, se extraen las principales características observadas en función de las actividades estratégicas, y que redundan en la eficiencia de la actividad de la empresa.

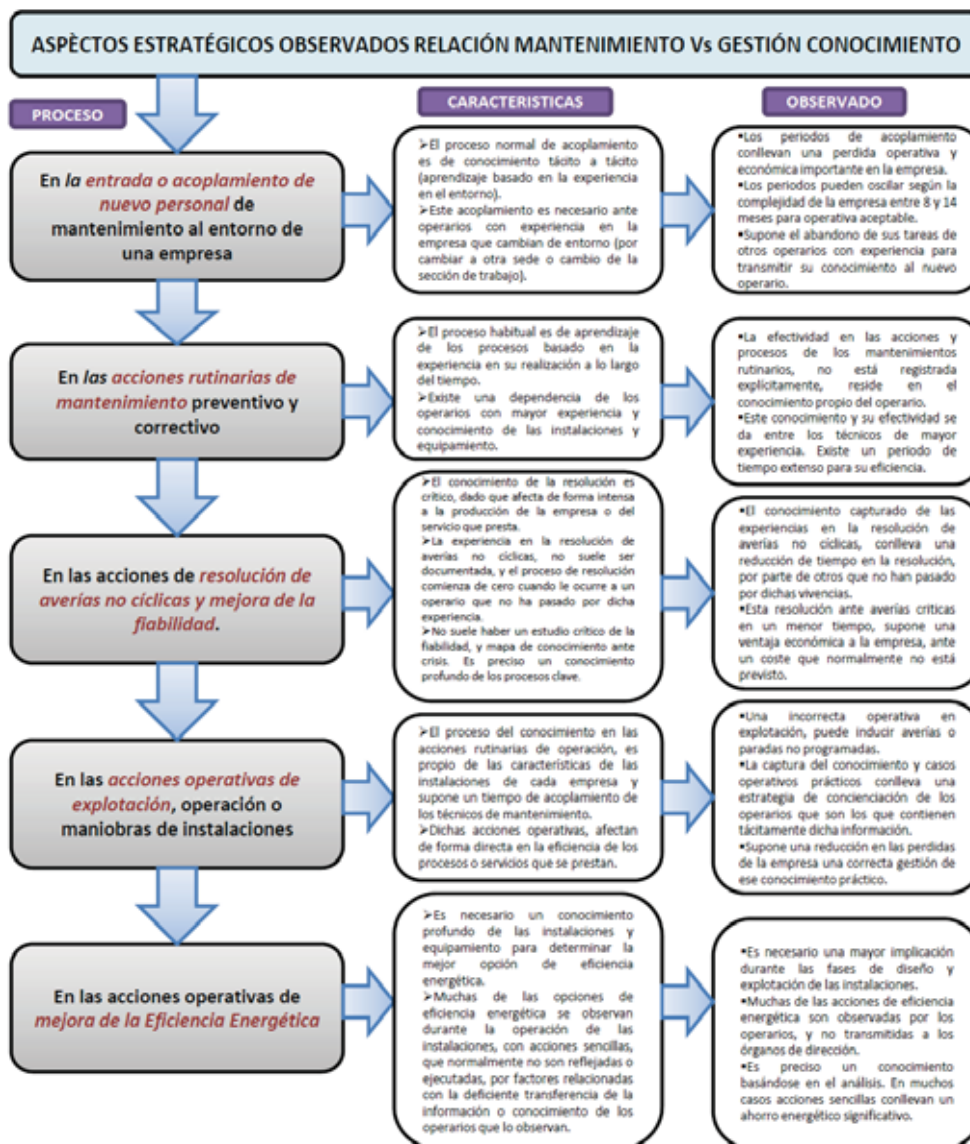


Figura 3. Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

Se reconoce, que una mejora en la gestión de la información y conocimiento, redundan positivamente en todas esas acciones, y en especial en la resolución de grandes averías, o fallos no cíclicos espaciados en el tiempo y normalmente no registrada su actuación.



En cuanto a las herramientas que pueden ser utilizadas para la recogida de información estratégica que ayude a mejorar la gestión del conocimiento, normalmente son poco utilizadas en todos los ambientes de mantenimiento. Se reconoce la poca utilización de auditorías en las acciones internas, los mapas de información y conocimiento, realizándose diagramas de criticidad sólo en determinadas instalaciones o equipamiento fundamental para la actividad de la empresa.

Se detecta un mayor uso de las reuniones informales como medio de generación y transferencia del conocimiento, sobre todo, entre los grupos de técnicos operativos, con una menor cultura organizativa que los mandos o jefes de mantenimiento.

6. Conclusiones

En el presente artículo se ha hecho una revisión de las barreras y facilitadores para la adecuada gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento en relación a sus actividades estratégicas, mediante el análisis de casos y observación directa de diez empresas y estudio cualitativo mediante entrevistas semi-estructuradas a directivos de empresas y operarios de mantenimiento. La revisión ha sido hecha desde el punto de vista de aportar información sobre los procesos de gestión del conocimiento y los problemas de implantación en la empresa, así como los modos de superarlos.

Los procesos de la actividad de mantenimiento, caracterizados con un alto factor humano, con un elevado grado de conocimiento tácito, hacen que la introducción de técnicas de gestión del conocimiento, haga aflorar nuevo conocimiento en temas relacionados con el desempeño diario, tales como la fiabilidad operativa de la empresa, la eficiencia energética y los procesos de mantenibilidad, que redundan en una menor tasa de fallo, un menor tiempo de reposición de servicio o disponibilidad, una mejora del uso de la energía y un abaratamiento de los procesos de mantenimiento que hacen aumentar su productividad. Todo ello se traduce en una mayor eficiencia global de la empresa, unos mejores resultados económicos, un aumento en la vida útil del equipamiento e instalaciones.

Todo lo anterior sugiere que el conocimiento que se desea transferir necesita ser una prioridad en la actividad del mantenimiento industrial, es decir debe estar incluida y prevista en la planificación estratégica de la empresa.

Las principales contribuciones de la investigación que se presentan en este artículo y permiten extender el conocimiento sobre la gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento, son:

- Se resumen los principales facilitadores/barreras detectados en base a la investigación cualitativa realizada.
- Se confirman las principales actividades estratégicas de mantenimiento que pueden aumentar su eficiencia por la adopción de un modelo de gestión del conocimiento.
- Se confirma el elevado nivel de conocimiento tácito utilizado en esta actividad, basada normalmente en la alta experiencia de los operarios requerida, y que requiere tiempos de acoplamiento elevado en el nuevo personal.

El presente estudio pretende también dotar a los responsables de mantenimiento de las empresas de un estudio que permita a las empresas conocer que aspectos deben tener en cuenta para implantar y sostener un modelo de gestión de conocimiento. Además el artículo ayuda a las empresas a identificar los elementos claves para poder mejorar sus programas de captura de la información y conocimiento y facilitar la extensión de la misma a todas las áreas de la empresa.

La principal limitación de la presente investigación es la generalización de los resultados. Los resultados de la presente investigación están limitados a unas organizaciones determinadas con diferentes sectores de actividad. Se puede inferir que las empresas similares cuentan con

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



características afines relacionadas a la gestión del conocimiento. Los resultados puede ser extrapolados a casos similares a los aquí analizados mas no es posible hacerlo a una población en particular, ni a otro tamaño de empresa, ni a otro entorno. Al tratarse de una investigación cualitativa, la generalización de los resultados se basan principalmente en el desarrollo de una teoría que pueda ser extendida a otros casos y no en cómo estos resultados pueden ser extrapolados a una población (Maxwell, 1996).

El resultado podría ser extensible tanto a nivel nacional como internacional, dado que alguna de las empresas analizadas tiene presencia nacional como internacional.

7. Referencias

- Altmann, C.(2006). El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. 2do Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad 16, 17 y 18 de Agosto de 2006. Montevideo – Uruguay.
- Andreu, R., Sieber, S. (1999). La gestión integral del conocimiento y del aprendizaje. *Economía Industrial*, no. 326, pp. 63-72.
- Argote, L.; Ingram, P. (2000). Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1): 150-169.
- Armendola, L. (2002). Modelos mixtos de Confiabilidad Project Management. Edición Prentice Hall.
- Armendola, L. (2004). Estrategias y Técnicas en la Dirección y Gestión de Proyectos. “ Project Management” Edición Prentice Hall.
- Baeza, G., Rodríguez, P., Hernández, J. (2003). Evaluación de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica en desregulación. *Revista Facultad de Ingeniería, Chile*, Vol. 11 N°1, 2003 , pp. 33-39.
- Bravo-ibarra, E.; Herrera, L. (2009). Capacidad de innovación y configuración de recursos organizativos. *Intangible capital*, 5(3): 301-320.
- Bueno, E. (2002): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en *La Sociedad del Conocimiento*, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.
- Cacique, J. (2007). Diseño de un programa para calcula la confiabilidad en un sistema de distribución de energía eléctrica. UNEXPO. Venezuela, 2007. Pp. 138.
- Camelo, C.; García, J.; Sousa, E. (2010). Facilitadores de los procesos de compartir conocimiento y su influencia sobre la innovación. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 42: 35-74.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory. A practical guide through qualitative analysis* SAGE, London.
- Claver, E.; Zaragoza, P. (2007). La dirección de recursos humanos en las organizaciones inteligentes. Una evidencia empírica desde la dirección del conocimiento. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 13(2): 55-73.
- Coakes, E., Amar, A.D., and Luisa Granados, M.L. (2010) Knowledge management, strategy, and technology: a global snapshot", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 23, No. 3, pp 282 – 304.
- Cutcliffe, J. (2005). Adapt or Adopt: Developing and Transgressing the Methodological Boundaries of Grounded Theory. *Journal of Advanced Nursing*, 21 (4): 421.
- Foss, N; Knudsen, C.; Montgomery, C. (1995). “An Exploration of Common Ground: Integrating Evolutionary and Strategic Theories of the Firm”, En: Montgomery, C. (ed.) *Resources-based and Evolutionary Theories of the Firm*, Kluwer Academic Publishers. pp. 1-17. Massachusetts.
- García, F; Navas, J. (2007). Las capacidades tecnológicas y los resultados empresariales: Un estudio empírico en el sector biotecnológico español. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 32: 177-210.
- Garud, R., Nayyar, P. (1994). Transformative capacity: Continual structuring by intemporal technology transfer. *Strategic Management Journal*, vol. 15, pp. 365-385.
- Glaser, B. G.; Strauss, A. L. (1967): *The discovery of grounded theory* Aldine de Gruyter, New York.
- González, R., García, E. (2011). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 7(1):82-115 - .doi:10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115.
- Griffiths, P. and Remenyi, D. (2008). “Aligning Knowledge Management with Competitive Strategy: A Framework.” *The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 6 Issue 2 2008*, pp. 125 - 134, available online at www.ejkm.com.
- Hoelzle, K.; Gemuenden, H. G. (2009). Cultural vs. structural aspects of Open Innovation – How to implement Open Innovation. TUHH User and Open Innovation Workshop 2009. University of Hamburg. Germany.



- Howells, R. (2002). Tacit Knowledge, Innovation and Economic Geography. *Urban Studies*, vol. 39, pp. 871-884.
- IEEE Std 493-2007 (2007). IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems. Approved 7 February 2007. IEEE-SA Standards Board.
- Kalkan, V.J. (2008) An overall view of knowledge management challenges for global business, *Business Process Management Journal*, Vol. 14, No. 3, pp 390-400.
- Kogut, B., Zander, U. (1992). Knowledge of the firm: combinative capabilities, and the replication of technology. *Organization Science*, vol. 3, no. 3, pp. 383-397.
- Koval, D., Zhang, X., Prost, J., Coyle, T., Arno, R., Hale, R. (2003). Reliability methodologies applied to the IEEE Gold Book standard network, *IEEE Industry Applications Magazine*, Vol. 9, no.1, pp. 32-41. Jan 2003.
- Lee, S.; Park G.; Yoon, B.; Park, J. (2010). Open innovation in SMEs: An intermediated network model. *Research Policy*, 39: 290-300. doi:10.1016/j.respol.2009.12.009.
- Lichtenthaler, U. (2010). Intellectual property and open innovation: An empirical analysis. *International Journal of Technology Management*, 52(3/4): 372-391. doi:10.1504/IJTM.2010.035981.
- Lim, K.; Chesbrough, H.; Ruan, Y. (2010). Open innovation and patterns of R&D competition. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 52(3/1): 295-321.
- Linstone, H.A.; Turoff, M. (1975). *The Delphi method: Techniques and applications*. Reading, MA: Addison Wesley Publishing.
- Lloira, M.; Peris, F. (2007). Mecanismos de coordinación estructural, facilitadores y creación de conocimiento. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(1): 29-46.
- Lundvall, B; Nielsen, P. (2007). Knowledge Management and Innovation Performance. *International Journal of Manpower*, 28(3/4): 207-223. doi: 10.1108/ 01437720710755218.
- Marshall, N., Brady, T. (2001) "Knowledge management and the politics of knowledge: illustrations from complex products and systems", *European Journal of Information Systems*, Vol 10, No. 2, pp99-112.
- Martínez, P. (2006). El método de estudio de caso estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*, 20. Universidad del Norte, 165-193.
- Maxwell, J. A. (1996). *Qualitative Research Design. An Interactive Approach*. California: Sage Publications.
- McGranaghan, M. (2007). *Quantifying Reliability and Service Quality for Distribution Systems*. IEEE Trans. Industry Applications, vol. 43, pp. 188-195, Jan/Feb. 2007.
- Nonaka, I. (1991). The knowledge-creating company. *Harvard Business Review*, 68: 96-104.
- Nonaka, I.; Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How japanese companies create the dynamics of innovation*. New York. Oxford University Press.
- Pace, S. (2004). A grounded theory of the flow experiences of Web users. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 60, n° 3, págs. 327-363.
- Pawlowski, J and Bick, M. (2012). The Global Knowledge Management Framework: Towards a Theory for Knowledge Management in Globally Distributed Settings. *The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 10 Issue 1* (pp92-108 available online at www.ejkm.com.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social – ILPES. Santiago de Chile, diciembre de 2002.
- Pérez, A.; Castillo, A.; Barcelo, M.; León, J. A. (2009). Importancia de los clúster del conocimiento como estructura que favorece la gestión del conocimiento entre las organizaciones. *Intangible capital*, 5(1): 33-64.
- Sexto, L. (2005). *Confiabilidad integral del activo. Seminario internacional de mantenimiento celebrado en Perú-Arequipa-Tecsup del 23-25 de febrero de 2005*.
- Strauss, A.; Corvin, J L. (1998). *Bases de la investigación cualitativa.*, U. Antioquia, 2ª ed.
- Tan, C, L and Nasurdin, A, M. (2011). Human Resource Management Practices and Organizational Innovation: Assessing the Mediating Role of Knowledge Management Effectiveness. *The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 9 Issue 2* (pp155-167), available online at www.ejkm.com.
- Tavares L. (2004). *Administración moderna de Mantenimiento*. Editorial Interamericana S.A.
- UNE 16001, (2010). *Sistemas de gestión energética. Requisitos con orientación para su uso*. Aenor, Febrero 2010.
- UNE 216501, (2009). *Auditorías energéticas. Requisitos*. Aenor, Octubre 2009.
- Wang, W., Loman, J., Arno, R., Vassiliou, P., Furlong, E., Ogden, D., (2004). Reliability block diagram simulation techniques applied to the IEEE std. 493 Standard Network. *IEEE Trans. Industry Applications*, vol. 40, pp. 887-955, May/Jun. 2004.
- Wiig, K.M., (1997). *Integrating Intellectual Capital*



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV: ANÁLISIS CUALITATIVO DEL MANTENIMIENTO EN REL. A LA G.C.
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

and Knowledge Management, Long Range Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.

Yahya, S.; Goh, W. (2002). Managing human resources toward achieving knowledge management. Journal of Knowledge Management, 6(5): 457-468.

doi:10.1108/13673270210450414.

Yañez, M.; Gómez de la Vega, H.; Valbuena, G. (2003). Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo – ISBN 980-12-0116-9 - Junio 2003.



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V:
PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

*Capítulo V. Planteamiento y Desarrollo de un
Modelo de Mantenimiento Industrial basado en
Técnicas de Gestión del Conocimiento.*



Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.	Capítulo I
Capítulo VI	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
ANEXOS	Capítulo IV
INDICE	

Introducción al Capítulo V

Objetivo del Capítulo V.

Tras los estudios de campo mediante metodologías cualitativas, se propone y desarrolla un modelo de mantenimiento operativo con utilización de técnicas de gestión del conocimiento, aplicado a una instalación industrial utilizada como centro de la investigación en base a sus características óptimas para el estudio y su disponibilidad para la investigación.

Artículos relacionados con el Capítulo V.

Este capítulo está estructurado en dos artículos, el primero titulado “*Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial*”. En este artículo se plantean los principios básicos que debería tener un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial, para que con posteridad en futuras investigaciones se pueda desarrollar y aplicar dicho modelo a la organización de mantenimiento de una empresa real en operación, y con ello medir los beneficios o barreras de su utilización. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “*electronic journal of knowledge management*”.

El segundo artículo preparado en este capítulo V se titula “*Desarrollo de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial*”. En este artículo, tras analizar la relevancia de la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, se propone un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo finaliza comentando los resultados y experiencias reales observadas en la aplicación de este modelo dentro de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación. Este artículo ha sido enviado y está en proceso de revisión en la revista “*Journal of engineering and technology management*”.



Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.	Capítulo I
Capítulo VI	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
ANEXOS	Capítulo IV
INDICE	



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

5.1. Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.



Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE
Capítulo IV
Capítulo III
Capítulo II
Capítulo I



Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica
de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia,
España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: El conocimiento y su adecuada gestión es considerado en la sociedad del siglo XXI como un valor intangible estratégico y que marca el desarrollo de las empresas y corporaciones. La actividad de mantenimiento industrial (organización y actividad interna dentro de la empresa), no deber estar desligada de la adecuada gestión de dicho intangible, aunque olvidada normalmente por los órganos directivos de las empresas, quizás por la dificultad de capturar y visualizar dicho valor, convirtiéndose en numerosas ocasiones estos servicios en una “isla” dentro de la gestión de la información del conocimiento de las corporaciones. En este artículo, se proponen los principios básicos que debería tener un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial, para marcar los puntos para el desarrollo y aplicación de un sistema a la empresa, dentro de su propia organización del mantenimiento.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V:
PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

En la actualidad, la cultura empresarial en el área de mantenimiento (sobre todo en el entorno de la pequeña y mediana empresa) no puede calificarse de notable. De ello, parece desprenderse, como viene argumentándose por numerosos autores, una mayor preocupación e interés por conseguir implementaciones óptimas de nuevas tecnologías y sistemas, pero no el cómo conseguir una mayor disponibilidad de lo implementado, su gestión técnica, y el conocimiento adquirido, generado, transmitido y utilizado para que esa disponibilidad sea mejorada y utilizada en el tiempo, misión que normalmente corresponderá a los departamentos de mantenimiento.

La gestión del conocimiento ha surgido como una disciplina cuyo objetivo se centra en generar, compartir y utilizar conocimiento existente en un espacio determinado para contribuir a dar solución a las necesidades de los individuos y el desarrollo de las organizaciones (Barragán, 2009), sin embargo esta disciplina puede considerarse como inexistente su aplicación dentro de las propias áreas de mantenimiento de las empresas, quizás por la particularidad de dichas áreas (fuerte valor del conocimiento tácito) con altos requerimientos de experiencia y habilidad de sus componentes. Con un cambio hacia un modelo basado en el Conocimiento y el Aprendizaje, la organización se centra en la capacidad de innovar y aprender (Coakes et al., 2010; Kalkan, 2008; Jennex et al., 2006; Desouza et al., 2003), para resolver de una manera más eficiente sus trabajos cotidianos, así como resolver acciones nuevas o no rutinarias, y los factores humanos de relevancia que se ven afectados (Lehner et al., 2010; Turner et al., 2010; Lugger et al., 2001).

Dentro de los aspectos que hacen difícil gestionar directamente el conocimiento en cualquier organización, y más en concreto dentro de las propias estructuras humanas de mantenimiento industrial, uno, es la falta de un marco de referencia o esquema adecuado de representación (Gordon, 2000). Con el objeto de abordar correctamente el proceso de la gestión del conocimiento se tiene que hacer una exploración más detallada sobre las características ontológicas del conocimiento y su clasificación, con el objeto de identificar qué conocimiento necesita una organización, como por ejemplo la propia estructura interna de mantenimiento, para implementar con éxito sus estrategias, dónde reside este conocimiento estratégico, y si se requiere hacer algo para gestionarlo de manera más efectiva y eficiente (Smith, 1998). El saber-cómo, saber-qué y el saber-porqué, por ejemplo, son categorías del conocimiento que se pueden estudiar y priorizar por medio de una auditoría de conocimiento (Drew, 1996), con el apoyo de otras técnicas como las auditorías de mantenimiento y auditorías energéticas, que marcan el paso previo al diseño o implantación de un sistema de gestión del conocimiento.

Para plantear un nuevo modelo en la gestión del conocimiento estratégico y táctico en una organización de mantenimiento industrial, se deberán tener en cuenta los procesos clave de dicha organización, la naturaleza que tiene dicho conocimiento y los procesos de gestión del conocimiento que redundan en la mayor eficiencia del servicio a prestar, y como consecuencia una mayor productividad de la empresa donde este opera. Así pues, podemos decir, que gracias al conocimiento podemos procesar datos e información para formular nuevos objetivos y obtener nueva información. Ésta es precisamente la perspectiva bajo la cual se estudian los aspectos relacionados con la Ingeniería del Conocimiento (Pajares et al., 2005).

La exigencia de optimización de la función de mantenimiento, y la gestión de un valor intangible como es el conocimiento estratégico que genera y utiliza, se hace todavía más patente en el caso de grandes compañías, que tienen multitud de plantas con una gran diversificación geográfica. En estos casos, el intercambio y transvase de información entre ellas, así como, el



disponer de una gestión de mantenimiento y conocimiento común, hace que ésta se vea mejorada.

La ingeniería del mantenimiento requiere de conocimientos técnicos muy específicos, un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito, y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen. Los síntomas que delatan la falta de una gestión del conocimiento adecuada dentro de las organizaciones de mantenimiento podrían ser algunas de los que se indican a continuación:

- Problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento, y que hacen que el nuevo personal necesite un tiempo de acoplamiento elevado hasta conseguir la disponibilidad total operativa del nuevo técnico, o la persona trasladada a otra planta industrial diferente a donde opera normalmente (tiempo necesario para absolver y asimilar el conocimiento y experiencia para operar en el nuevo entorno).
- Falta de experiencia o conocimiento de los operarios para resolver determinados problemas que obliga a que otros los solucionen.
- Falta de información sobre medidas específicas a adoptar ante averías que no se le han presentado antes al operario.
- La dependencia por parte de la empresa de la experiencia y conocimiento de los operarios, imprescindible para el buen funcionamiento de la empresa.
- El conocimiento y experiencia en la operación u explotación diaria de las instalaciones, que normalmente se basa en la experiencia en el tiempo (y asimilada tácitamente), o transferida de manera informal por otro compañero con experiencia en dicho puesto (paso del conocimiento de tácito a tácito)
- El conocimiento en las acciones rutinarias de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, que ante la entrada de nuevos operarios, conlleva de igual manera un tiempo de adaptación, acompañado de operarios existentes.
- La experiencia y el conocimiento que motivan acciones de eficiencia energética, detectadas muchas veces tras el conocimiento profundo de las instalaciones por parte de los técnicos operativos y normalmente no registradas de manera explícita, y que se pierden tras el abandono de ciertos operarios.
- Existencia únicamente de históricos de avería teóricos, sin poseer documentación alguna sobre las averías que no suelen ocurrir, y que son las que normalmente tienen mayor repercusión económica negativa para la empresa.
- Una incorrecta gestión de la documentación técnica que se encuentra descentralizada y/o parcialmente disponible, o que en algunos casos es tan voluminosa que no deja ver cual es la información relevante y útil.
- La carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal, en concreto hacia el propio entorno donde opera la organización de mantenimiento.

En este artículo se plantean los principios básicos que debería tener un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial, para que con posteridad en futuras investigaciones se pueda desarrollar y aplicar dicho modelo a la organización de mantenimiento de una empresa real en operación, y con ello medir los beneficios o barreras de su utilización. Se comienza revisando los marcos de referencia del conocimiento y de la actividad de mantenimiento, que hacen útil una adecuada gestión del conocimiento, para a continuación, establecer las bases de dichos principios, la discusión y conclusiones.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



2. Los marcos de referencia del conocimiento

En la propia naturaleza del conocimiento se observa una mezcla de diversos elementos que interaccionan entre sí. Es tanto fluido como estructurado, es intuitivo y, por lo tanto, difícil de traducir en palabras o de entender por completo en términos lógicos. El conocimiento existe en las personas. El conocimiento deriva de la información, así como la información deriva de datos. Si la información se transforma en conocimiento, las personas son las que hacen prácticamente todo el trabajo. Esta transformación se produce mediante (Pérez, 2007):

- Comparación: ¿en qué difiere tal información de tal situación si es comparada con la de otras situaciones conocidas?.
- Consecuencias: ¿qué implicaciones proporciona la información para la toma de decisiones y las acciones?.
- Conexiones: ¿cómo se relaciona esta porción del conocimiento con otras?.
- Conversación: ¿qué piensan otras personas acerca de esta información?.

Por lo tanto, el conocimiento es valioso porque está mucho más cerca de la acción que los datos o la información.

De igual manera, se puede definir al conocimiento como algo dinámico que va a través del cerebro de las personas para el saber, inventar, difundirse, fusionarse y resolver problemas (Zhuge, 2006). Todas las perspectivas del término conocimiento, en principio se enfocan en que es un importante recurso que necesita ser gestionado efectiva y eficientemente (Syazwan-Abdullah et al., 2006).

Considerando al conocimiento como un recurso de empresa, su gestión será básicamente el de cumplir con los objetivos comunes que tienen cualquier otro recurso de la organización (Wiig, 1995; Wiig et al., 1997):

- Que sea entregado en el momento adecuado.
- Disponible en el lugar correcto.
- Presente en la forma que se necesita.
- Que satisfaga las exigencias de calidad.
- Que se obtenga a los costos más bajos posibles.

Aparte de responder a la pregunta de cómo alcanzar lo anterior, el conocimiento realmente tiene algunas propiedades que están ausentes en casi todos los otros recursos usados en una empresa. A continuación se catalogan algunas de las características más importantes que diferencian al conocimiento de otros recursos:

- El conocimiento es intangible y difícil de medir.
- El conocimiento es volátil, puede desaparecer en un momento determinado.
- El conocimiento es, la mayor parte del tiempo, incorporado en agentes con voluntad.
- El conocimiento no se “consume” en un proceso, a veces aumenta por el uso.
- El conocimiento tiene amplio impacto en la organización y su desempeño en el entorno en que opera.
- El conocimiento no puede ser comprado en el mercado en cualquier momento.
- El conocimiento “no es rival”, puede usarse por procesos diferentes al mismo tiempo.

Existen tres formas generales y relacionadas de clasificación del conocimiento que se encuentran a lo largo de la literatura sobre gestión del conocimiento. Las dos primeras clasificaciones (Vasconcelos et al., 2000), distinguen entre conocimiento tácito-explicito, y la clasificación del conocimiento en declarativo, procedural o heurístico. Una tercera clasificación para representar la localización del conocimiento en la organización (Walsh, 1995; Buckingham, 1998), según la cual el conocimiento puede ser clasificado en individual o colectivo (Figura 1) (Pérez, 2007).

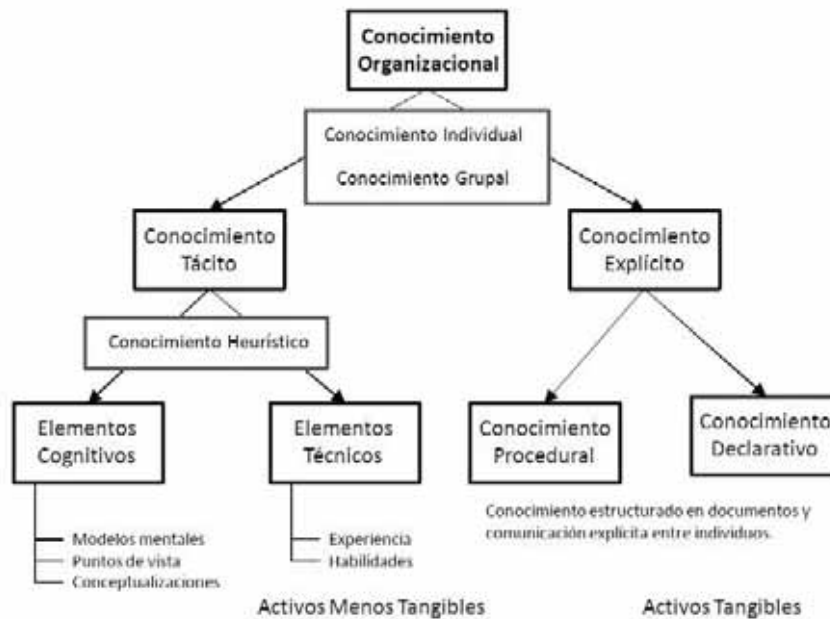


Figura 1. Taxonomía teórica del conocimiento. Fuente: (Pérez, 2007).

a) **Conocimiento Tácito-Explícito.** El conocimiento tácito se refiere al conocimiento personal e interno, difícil de articular debido a su complejidad y estar inmerso en la mente de las personas (Polanyi, 1967). Otra forma de describirlo sería como un conocimiento personal embebido en la experiencia de un individuo, compartido e intercambiado de una forma directa y efectiva por medio de las interacciones sociales (Nonaka y Takeuchi, 1995), o cómo utilizamos lo que sabemos (Hejduk, 2005). El conocimiento tácito es pragmático, experimental y situacional. Creciendo desde la experiencia directa y acción, usualmente llamado conocimiento práctico. El conocimiento tácito se utiliza inconscientemente, difícil de definir, normalmente transmitido durante el contacto personal en la organización y experiencias personales. Dentro de una organización, las ventajas que tiene el conocimiento tácito es que es difícil de imitar externamente, es ambiguo y utilizado en la innovación, pero tiene como desventaja su dificultad para comunicar y almacenar, y su pérdida cuando se produce la rotación del personal (Jasimuddin et al., 2005).

Sin embargo, el conocimiento explícito, se transmite en un lenguaje formal y sistemático, se puede compartir y articular porque es independiente de la mente del individuo. La forma de articularlo puede ser a través de documentos, imágenes, software y otro tipo de tecnologías (Vasconcelos et al., 2000). Por ello el conocimiento explícito es toda forma de información y experiencia que pudiera ser articulada en detalle, codificada, reconocida como duradera (Hejduk, 2005).



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Típicamente es la única forma de conocimiento que fácilmente puede ser vista dentro de la organización. Este tipo de conocimiento es solo la punta del iceberg, el conocimiento tácito domina la gran mayoría del conocimiento organizacional, sin embargo, es difícil de capturar (Pérez, 2007).

Las ventajas que tiene el conocimiento explícito es que no se pierde por la rotación de personal, se puede proteger por medio de derechos de propiedad intelectual, es fácil de comunicar y de almacenar, teniendo como principales desventajas que requiere una alta inversión en tecnologías de información, recursos para su implementación y riesgo de copia por otras organizaciones (Jasimuddin et al., 2005), aunque en numerosas ocasiones, lo llamado conocimiento explícito, es en realidad son datos o información (Busch et al., 2003).

b) **Conocimiento declarativo, procedural o heurístico.** El conocimiento declarativo se relaciona con los aspectos físicos del conocimiento (Pérez, 2007). Este es el tipo de conocimiento que se requiere para saber el qué, quién, dónde y cuándo. Es esencial para la interpretación y descripción de un cierto punto de vista (conceptualización), de aspectos físicos del mundo. Es el conocimiento de objetos (entidades o eventos) y hechos a cerca del mundo, por ejemplo, es la información sobre hechos acerca de un área de contenido dada. El conocimiento procedural es el conocimiento requerido para llevar a cabo una determinada tarea, y contiene una descripción de acciones específicas sistemáticas requeridas para completar una tarea particular. Se deriva de la habilidad intelectual de conocer el cómo hacer algo. Convencionalmente, el conocimiento procedural utiliza conocimiento declarativo para describir acciones en una secuencia de pasos. El conocimiento heurístico describe el conocimiento relativo a la experiencia del individuo y su razonamiento implícito. Esto significa que depende de la experiencia del individuo, el conocimiento heurístico crece con la experiencia del trabajo personal. El conocimiento heurístico se genera por procesos internos y utiliza tanto el conocimiento declarativo como procedural para resolver problemas y consecuentemente responder a la pregunta porqué (Vasconcelos et al., 2000).

c) **Conocimiento individual-colectivo.** En una organización se necesita crear dos categorías adicionales de conocimiento relacionada con su localización, una localizada en el individuo y otra en el grupo o colectiva. En la conceptualización anterior, el conocimiento tácito es visto exclusivamente como una propiedad del individuo, aunque un equipo de personas interactuando entre si, supera al conocimiento individual de una persona (Walsh, 1995). Hay que tener en cuenta que el conocimiento requerido en una empresa es multidisciplinario, difícil de formalizar y generado en discusiones con puntos de vista participativos (Buckingham, 1998).

Desde el punto de vista organizacional, el aprendizaje es adquirir y aplicar los conocimientos, técnicas, valores, creencias y actitudes que incrementan la conservación y el desarrollo de una organización. Es decir “Unir juntos los componentes del conocimiento existentes en una nueva forma” (Guns, 1996).

Basandose en las diferentes experiencias organizacionales, algunas de las principales características del Aprendizaje Organizacional consisten en:

- Aumentar la capacidad estratégica, actuando de forma realista y se enfoca a su visión respondiendo más eficientemente a las demandas requeridas.
- Refuerza la capacidad de cambio, se mejora la capacidad para visualizar los problemas y alternativas utilizando la experiencia y sabiduría almacenada de la organización.
- Mejora el rendimiento o el desempeño de la organización y poner atención a las debilidades en el proceso.



Las principales barreras que se observan para la implementación de un programa de gestión del conocimiento en una organización (Tham et al. 2000), y que pueden ser extrapolados a los ámbitos de mantenimiento podrían ser:

- la resistencia cultural y al cambio,
- la inmadurez tecnológica o excesiva complicación.
- la inmadurez de la organización,
- los costos y el tiempo.
- la ausencia de una visión de necesidades.

Es vital un liderazgo dentro de la organización de mantenimiento que impulse y estimule un proyecto de gestión del conocimiento. Por ello se considera, apoyado por trabajos de numerosos autores, que el liderazgo es uno de los pilares básicos en el éxito en la gestión del conocimiento y de la innovación (Bartol et al., 2006; Bravo-Ibarra & Herrera, 2009; Sing, 2008).

Por las características naturales del desempeño en la ingeniería de mantenimiento en el que son precisas alta capacidad técnica y experiencia, es preciso una búsqueda continua de innovación para mejorar sus procesos. La innovación es un proceso intensivo en conocimiento, que hará necesario que se replanteen muchas de las decisiones de gestión asociadas (González-Sánchez et al, 2010; Van de Vrande et al, 2010), que permitan aclarar la visión estratégica del mantenimiento industrial. En el marco de una innovación abierta, el entorno de la organización se hace más permeable. De este modo, se forman distintas redes colaborativas, que trabajan para el desarrollo de nuevo conocimiento (Laurson et al, 2006), dado el carácter acumulativo, que puede tener para la gestión del conocimiento, de la actividad innovadora (Coombs et al, 1998).

Para influir en las personas de la organización de mantenimiento y mejorar la internalización del conocimiento generado, se propone la creación de puestos de enlace, que podríamos definir como los gestores de conocimiento. Este puesto dentro de la propia organización de mantenimiento (con amplia experiencia en el desempeño de dicha actividad), tenderá a facilitar las relaciones y contacto entre las personas o unidades que deben ser coordinadas (Lloira et al, 2007). Este gestor de conocimiento en mantenimiento, fomentará la difusión y uso del conocimiento entre los miembros de la organización, con la utilización de tecnologías de la información y comunicaciones (TICs) como soporte al proceso de interacción entre los individuos (Yahya et al, 2002), o el fomento de encuentros tanto formales como informales (Claver et al, 2007).

3. Los marcos de referencia de la ingeniería del mantenimiento en relación al conocimiento y la experiencia

La adecuada gestión del conocimiento y la aplicación del conocimiento adquirido en las actividades rutinarias de mantenimiento en la empresa, y su mejora, puede ser observado como un factor importante que puede influir positivamente en diversas acciones que afectan estratégicamente a toda la empresa, tales como:

- ✓ Resolución averías.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- ✓ Actuación ante acciones de emergencia.
- ✓ Conocimiento del entorno.
- ✓ Ver oportunidades de nuevas acciones.
- ✓ Planificación del mantenimiento.
- ✓ Marcar prioridades de inversión, fiabilidad y eficiencia energética.
- ✓ Optimizar recursos técnicos.
- ✓ Optimización económica.
- ✓ Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuestas.

Con la aplicación de una mejora en la gestión de la información y conocimiento, se redonda positivamente en todas esas acciones, y en especial en la resolución de grandes averías, o fallos no cíclicos espaciados en el tiempo y normalmente no registrada su actuación.

En cuanto a las herramientas que pueden ser utilizadas para la recogida de información estratégica que ayude a mejorar la gestión del conocimiento, normalmente son poco utilizadas en todos los ambientes de mantenimiento. Se reconoce la poca utilización de auditorías en las acciones internas, los mapas de información y conocimiento, realizándose diagramas de criticidad sólo en determinadas instalaciones o equipamiento fundamental para la actividad de la empresa.

El incorporar nuevos operarios a los equipos de mantenimiento lleva implícito unos costes de inoperatividad o ineficiencia, hasta la adaptación al entorno e instalaciones de la empresa, durante un periodo de permanencia que puede variar, según la complejidad y amplitud de las instalaciones, de una empresa a otra, aunque hay que tener en cuenta además otros costes inducidos.

Estos costes inducidos se derivan de la incapacidad de conocimiento del operario de resolver una avería crítica en un momento determinado. Estas averías críticas, a diferencia de las averías no críticas, se diferencian en que éstas suponen un coste elevado a la empresa como, por ejemplo, la paralización de la producción (empresas industriales) o del servicio que prestan (empresas de servicios) hasta que no se subsane dicha avería.

En la mayoría de los casos, son los operarios más antiguos quienes conocen mejor las instalaciones y equipos, así como, su comportamiento específico, medidas a tomar ante cualquier incidencia, qué revisar y cómo hacerlo, en concreto, para cada máquina, etc.

Esta experiencia adquirida a través de los años, denominada “know-how”, o simplemente conocimiento o experiencia, no suele ser adecuadamente gestionada, y sin embargo, es de vital importancia para el buen funcionamiento de la empresa.

El problema reside en que si el operario que posee ese conocimiento, abandona el puesto de trabajo, la empresa lo pierde, sufriendo los problemas operativos y económicos que de ellos se derivan.

En la figura 2, en la parte superior (A), se observa la curva de asimilación y experiencia en función del tiempo de permanencia que normalmente se observa en las organizaciones de mantenimiento. En ella se observa que ante el cambio del operario o sustitución conlleva un tiempo de acoplamiento, con menor operatividad hasta el acoplamiento. Un modelo de gestión del conocimiento en mantenimiento, debe llevar a aunar esfuerzos para capturar esa experiencia o conocimiento tácito, reduciendo dichos tiempos de acoplamiento (Figura 2,B).

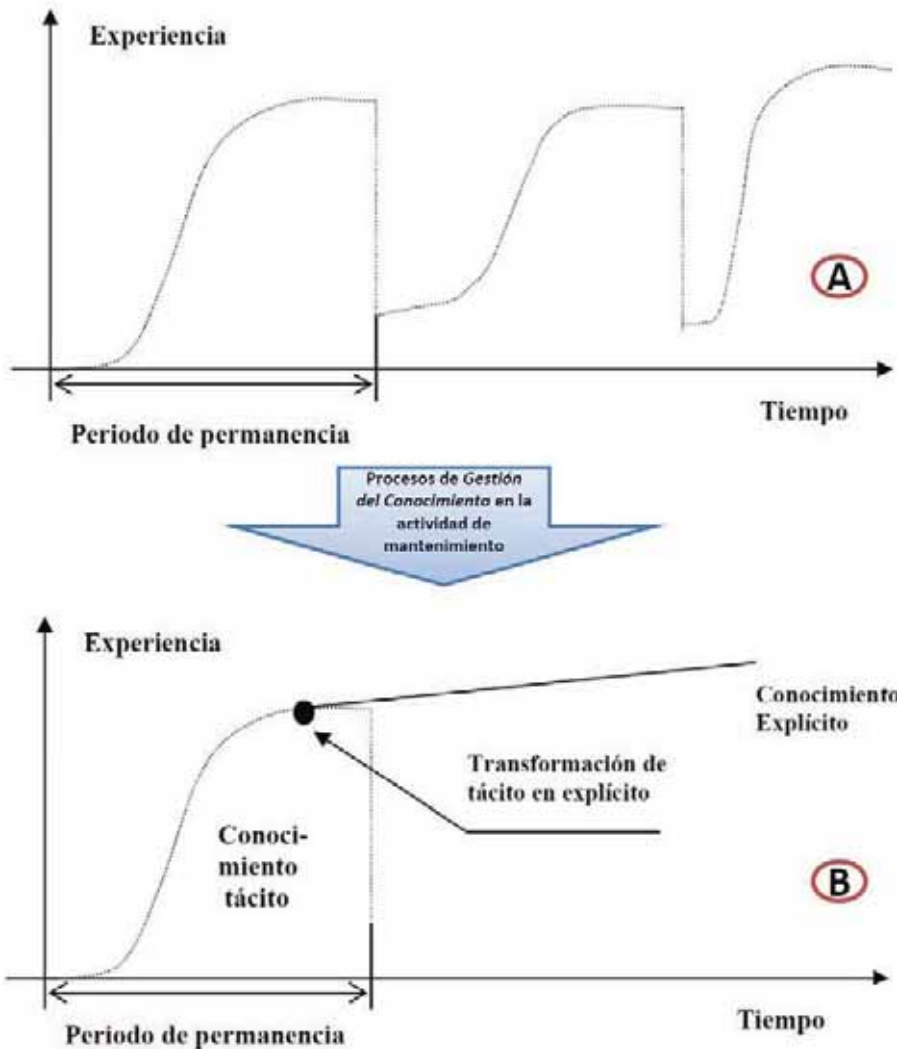


Figura 2. Curvas de transformación de conocimiento en base a la experiencia en mantenimiento durante proceso de permanencia. Fuente: Elaboración propia.

Un modelo de gestión del conocimiento enfocado hacia la organización de mantenimiento, debe hacer énfasis en las formas en que generan, transfieren y utilizan su conocimiento, y los impactos que pueden producir en toda la organización. Estos procesos se caracterizan en un proceso kantiano (personas, medios físicos y entorno).

Tanto la adquisición de conocimiento externo como la creación interna de conocimiento son actividades importantes para generar un conocimiento que ante acciones críticas (averías, emergencias, etc.) y no cíclicas pueden suponer un valor estratégico importante, y afecta positivamente en las siguientes acciones desempeñadas por mantenimiento:

- Captura del conocimiento tácito estratégico de los técnicos operativos de mantenimiento.
- Resolución de averías críticas en menor tiempo (en especial las no cíclicas).
- Reducción de los tiempos de maniobras operativas.

- Facilitar el cambio de área o sustituciones de personal.
- Disminución de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal.
- Captura de información y transferencia de empresas subcontratistas.
- Compartir conocimiento de empleados que puede ser utilizado por otros que puedan detectar nuevas oportunidades de mejora.
- Mejora del conocimiento de la fiabilidad del equipo e instalaciones.
- Mejora del conocimiento para la detección y mejora de acciones de eficiencia energética.
- Optimización del tiempo, que redunde de nuevo en la gestión del conocimiento y la reducción de costes del mantenimiento.

En la figura 3, se extraen los procesos estratégicos del mantenimiento industrial con sus características en relación a los procesos del conocimiento, así como las consecuencias observadas.

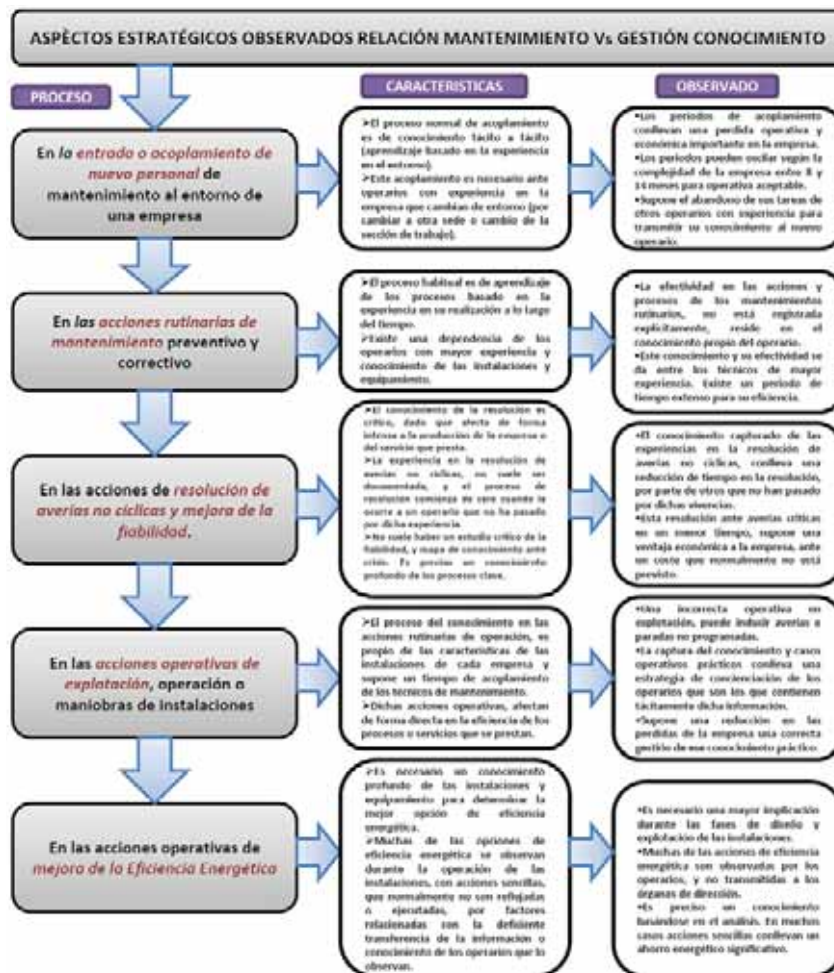


Figura 3. Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento. Fuente: Elaboración propia.



Se observa (Figura 3), que un adecuado tratamiento de la información, datos y experiencias operativas, inducen sin duda ventajas competitivas a las empresas. Sin embargo normalmente dicha visión, no es contemplada por los órganos directivos de la empresa, dado que su valor o resulta invisible para ellos (por su difícil cuantificación y conocimiento de los procesos internos de la actividad de mantenimiento), centrándose la mayoría de las acciones de gestión del conocimiento en el entorno de la empresa en otras secciones que son más visibles y con mayor grado de cuantificación (marketing, administración, desarrollo, etc.).

El auto-aprendizaje es clave en este tipo de actividad que se desarrolla en un entorno tecnológico y con demanda de actuación rápida y eficiente. La gestión del conocimiento se ve potenciada por un estilo directivo proactivo y participativo que promueve el surgimiento de nuevas ideas y procesos de trabajo. Así mismo, esta cultura organizativa debe ser abierta, que permita a la dirección alentar a los empleados a compartir su conocimiento y que facilite la comunicación entre los miembros de la empresa. Estos hallazgos son apoyados por estudios (O'Dell et al., 1998; Ruggles, 1998) donde se observó que las empresas con una cultura abierta que motive a generar y compartir el conocimiento tendrán más éxito en la realización de estos procesos.

Las auditorías (de mantenimiento, de conocimiento, energéticas, etc.), no suelen ser utilizadas, lo que manifiesta que la aplicación de dichas técnicas potenciaría en un primer proceso en la elaboración de una estrategia global de gestión del conocimiento. Para que la organización de mantenimiento realicen con éxito la réplica de su know-how, por parte de los técnicos operativos, requieren mecanismos sencillos y ágiles que les permitan compartir con rapidez y eficiencia sus experiencias, que generen conocimiento.

De igual manera se ha detectado que en numerosas ocasiones, la documentación para uso en sus actividades, suele estar disgregada y muchas veces no actualizada, y en ocasiones tan extensa que es difícil conseguir la información relevante o útil.

4. Principios básicos de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.

Los principios básicos en que se debe centrar un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial deben basarse en los mecanismos que se observan en cómo se produce la adquisición del conocimiento, cómo se produce su retención, la recuperación y su utilización (Figura 4). Ello conllevará al estudio de cómo se produce el aprendizaje y su agregación y estructuración a los esquemas de memoria para su retención y recuperación y los ajustes pertinentes que se deben tener en cuenta para utilización del conocimiento estratégico y táctico que hace mejorar la eficiencia de dicho servicio. El sistema propuesto debe tratar de integrar conceptos y técnicas de aplicación al Mantenimiento, con objeto de dar respuesta al problema de la pérdida de la experiencia, reducir los tiempos de actuación y aumentar la eficiencia del servicio de mantenimiento (ante la operación, fiabilidad y mejora de la eficiencia energética).

Las personas adquieren un papel activo y central, pues el conocimiento nace, se desarrolla y cambia desde ellas. La posible incidencia de utilización de técnicas de gestión del conocimiento que ayudaran a suavizar o minimizar los puntos negativos observados o marcar nuevas líneas de actuación (Bhatt, 2002; Halawi et al., 2005) que pueden hacer más eficiente las actividades realizadas de mantenimiento y por consiguiente, una mayor productividad, eficiencia y

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



reducción de gastos de toda la empresa, fortaleciendo los factores que humanos de relevancia que se ven afectados (Lehner et al., 2010; Turner et al., 2010; Lugger et al., 2001).

Se debe buscar fortalecer los espacios para que los agentes obtengan mejores resultados en las acciones de gestión del conocimiento estratégico, entre los que se pueden mencionar:

a) Se deben marcar los mecanismos necesarios para conseguir la información y el conocimiento que precisa una persona, y fortalecer la capacidad de responder a las ideas que se obtienen a partir de esa información y del conocimiento tácito que estos poseen.

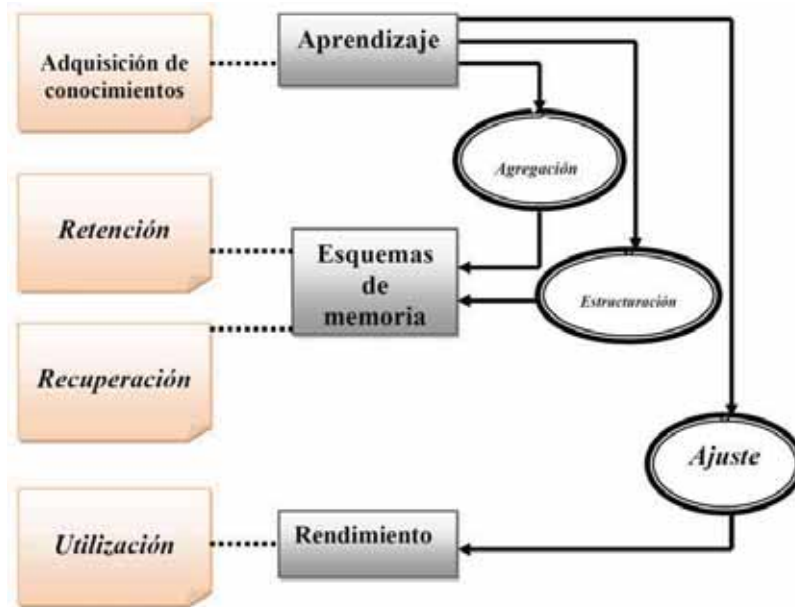


Figura 4. Marco de comprensión del conocimiento en la actividad de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

b) Administrar el conocimiento y el aprendizaje organizacional con el fin de fomentar estrategias de desarrollo de mediano y largo plazo.

c) Definir el conocimiento estratégico que le dará eficacia y seguridad al proceso en una organización de mantenimiento, y que puede conseguir una visión de la utilidad y resultados económicos o de eficiencia en los procesos.

d) Crear una base tecnológica sencilla donde resida el conocimiento gestionado y su transferencia a los diversos usuarios para su utilización, aprovechando las experiencias más exitosas y las formas en que fueron solucionados los errores más frecuentes. Esto permite solucionar con mayor velocidad los problemas y adaptarse con más flexibilidad.

e) Definir los agentes que perseguirán la adecuada gestión durante todos los procesos que se manifiesta (generación, producción, transferencia y utilización).

La Gestión del Conocimiento se ve enfrentada a una serie de dificultades que provienen del mismo entorno, especialmente de los factores culturales (los individualismos, la falta de una cultura basada en el conocimiento, el aislamiento del entorno y de los integrantes de ese entorno, las orientaciones a corto plazo, etc.) (Peluffo et al, 2002).

Los principios sobre el cual se debe sustentar el sistema se han dividido en tres aspectos, en relación con las personas, con el entorno y con los medios y las herramientas para la GC. Estos son:

En relación con las personas:

- En el ámbito del mantenimiento industrial, las personas normalmente son evaluadas en base a su conocimiento tácito. Hay que resaltar y premiar la contribución de las personas a la generación del conocimiento estratégico.
- Integrar y coordinar el conocimiento individual y el grupal, siendo este uno de los principales objetivos que aseguran el éxito de un sistema de GC.
- Para generar el conocimiento estratégico para la organización de mantenimiento y por ello a la empresa, se deben socializar las propuestas y experiencias individuales y alcanzar una base común de conocimiento tácito que permitirá externalizar las ideas, haciéndolas explícitas y ser entendidas y compartidas por todos los integrantes.
- Los medios informales de captura de información suelen ser la regla común entre los miembros de mantenimiento (conversaciones informales, reuniones de pasillo, etc.). Se debe transformar en productivas las situaciones en donde se presentan y generar a partir de ellas redes informales del trabajo.
- La sinergia con los usuarios de la actividad de mantenimiento (normalmente otros departamentos de la empresa), genera nuevos procedimientos y mejora de la transmisión del conocimiento estratégico de la empresa.
- La captura de las experiencias personales en el ámbito de trabajo (aciertos y errores ante diversas situaciones ordinarias o extraordinarias), es una base fundamental como motor generador en el aprendizaje y apropiación del conocimiento, pudiéndose utilizar en el auto-aprendizaje del resto de personas de la organización.

En relación con el entorno de trabajo:

- La formación y la motivación hacia la GC en el entorno de la organización es fundamental en la fase inicial para el éxito de los procesos de captación, generación y transferencia del conocimiento.
- Hay que integrar y combinar el conocimiento de las diversas áreas de especialización o funcionales de mantenimiento. Mediante esta combinación se extrae el conocimiento tácito fundamental, eliminando islas de conocimiento.
- La información explícita actual (Planos, proyectos, manuales, datos, etc.), se debe organizar y “aligerar” con el fin de aumentar la eficiencia para la captura del conocimiento útil.
- La incorporación del conocimiento en la organización de mantenimiento debe tener un efecto dinamizador en un ciclo de mejora continua.
- La GC en el entorno de trabajo, puede inducir innovación en la generación de nuevas capacidades.
- El conocimiento de las crisis y emergencias, es fundamental para prever amenazas y oportunidades.
- Se debe fomentar la pro-actividad en la búsqueda del conocimiento tácito.

En relación con los medios y herramientas para la GC:

- La actividad de gestionar el conocimiento estratégico en mantenimiento, debe ser estructurada como una acción operativa más dentro de los trabajos propios de la organización, para lo cual debe ser dotada de los medios (humanos y tecnológicos) necesarios.



- Las herramientas tecnológicas y organizativas, deben ser sencillas en su utilización y orientadas hacia el personal operativo, normalmente poco acostumbrado a la utilización de medios informáticos, y que introduzcan una sinergia en el sistema de GC.
- La base tecnológica o herramienta donde esté recogido dicho conocimiento estratégico, debe estar asequible de una manera simple a todos los miembros de la organización de mantenimiento, fomentando su circulación, nueva adquisición de experiencias, y fomentando el propio auto-aprendizaje entre todos los miembros.
- No es preciso complejas herramientas informáticas, pero en su creación, deben participar los técnicos operativos marcando sus opiniones y la sabiduría innata en el saber hacer en las tácticas de mantenimiento (En un primer momento con herramientas ofimáticas comunes en todos los entornos de trabajo, cámaras fotográficas y de vídeo, etc., es suficiente para un comienzo uniforme).
- Lo fundamental con las herramientas utilizadas, es orientarlas hacia la recogida del conocimiento tácito, y el know-how (saber hacer), introduciendo las mejores prácticas y experiencias que pueden ser útiles al resto de las personas de la organización de mantenimiento que no las han vivido en primera persona.

5. Las fases de la evolución de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.

La evolución hacia un modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial debe pasar por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, detentando las barreras para su implantación, la transformación de lo intangible en tangible, finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento (Figura 5).

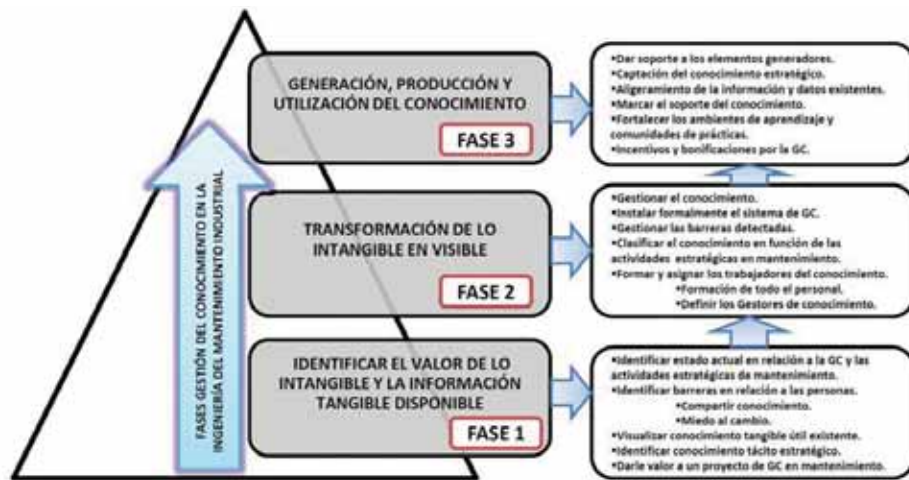


Figura 5. Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.

En una primera fase fundamental, se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la situación de la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.), para en fases posteriores desbrozar o resumir la información fundamental. Para ello se deberán identificar las barreras existentes para que los procesos de gestión del conocimiento sean fluidos y asumidos por la organización, así como formar y explicar de una manera clara a todos los miembros integrantes, que supondrá un



proyecto de GC en mantenimiento, con el fin de motivar y marcar las mayores condiciones para el éxito en su implementación.

Posteriormente en una segunda fase, se formalizan los procedimientos y estrategias para el soporte del modelo de GC, donde se va transformando lo intangible en visible, para la utilización posterior de un banco común de sustentación del conocimiento, mediante cualquier tipo de herramienta (Lo común es una herramienta informática, aunque no tiene porqué ser así), comenzándose a gestionar el conocimiento, superando las barreras detectadas, y clarificando el conocimiento en función de las actividades estratégicas de la empresa. Es en esta fase donde se deben definir las personas que harán las funciones de gestores de conocimiento, cuya misión es dar soporte, coordinación y generar pro-actividad entre todos los miembros de la organización, para llevar el proyecto de GC por una senda o dirección definida en la uniformidad en los procesos fundamentales de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

Esta segunda fase requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articular la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la GC a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema.

6. Las etapas básicas de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.

Teniendo en cuenta las tres fases desde donde se debe orientar la evolución para recoger y gestionar el conocimiento estratégico en la organización de mantenimiento, las etapas que podemos considerar fundamentales para la formalización de un modelo de gestión del conocimiento estratégico en la actividad de mantenimiento, se podrían resumir en siete procesos fundamentales (Figura 6), en continua recirculación en un ciclo continuo de mejora.

Con estas etapas se debe conseguir la implantación y preparar el camino para abordar la GC como una estrategia de desarrollo futuro, y desarrollen los procesos que les permita utilizar las capacidades en su propio beneficio tomado este como un recurso estratégico valioso, y por extensión a la empresa. Las etapas deben pasar por las siguientes:

1. Diagnóstico y estado de la situación.
2. Definición de objetivos y concienciación de los órganos intervinientes.
3. Aspectos estratégicos y procesos clave.
4. Comienzo de la base de GC. Formación, auto-aprendizaje y agentes para la gestión del conocimiento.
5. Producción, captación y almacenaje del conocimiento estratégico.



6. Circulación y utilización del conocimiento.
7. Medición y estrategias de mejora.

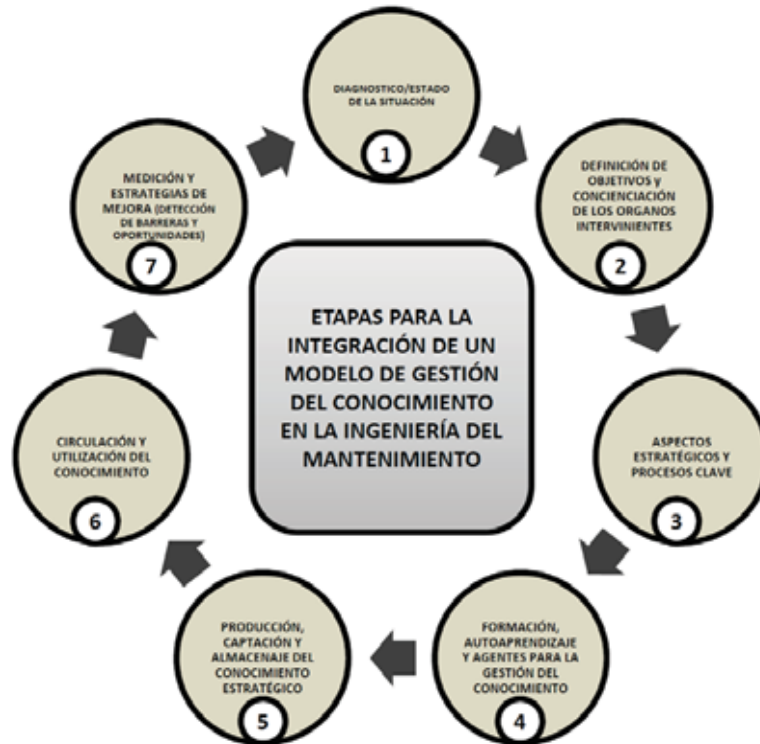


Figura 6. Las etapas fundamentales para la formalización de un modelo de GC en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Estas etapas a su vez se pueden subdividir en diferentes actividades con el fin de completar su implementación, que dependerán del nivel organizativo y madurez inicial de la organización de mantenimiento y su estado inicial en relación a su información y el conocimiento estratégico que quiere y necesita gestionar.

Etapa 1: Diagnóstico y estado de la situación.

Para ello durante la primera etapa, se realiza el diagnóstico del estado inicial, detectando el mapa de conocimiento de la organización, sus prácticas más corrientes y la evaluación de las acciones críticas que afectan a los aspectos estratégicos de mantenimiento tales como los que hacen referencia a la fiabilidad y resolución de averías, la mantenibilidad, la operativa en explotación y la eficiencia energética.

Con la visualización del mapa de conocimiento de dicha organización de mantenimiento, se intenta responder preguntas básicas pero fundamentales (Figura 7), utilizando herramientas de diagnóstico como pueden ser las auditorías de conocimiento, auditorías de mantenimiento y auditorías energéticas.

El conocimiento que se identifica en (A) corresponde al que está o podría estar siendo utilizado efectivamente para resolver problemas en el entorno de la organización y utilizado normalmente en el entorno de trabajo de la organización de mantenimiento. El conocimiento identificado en (B) puede ser incorporado, identificando las competencias requeridas y administrando los programas de aprendizaje adecuados. En el caso del conocimiento que se asocia al grupo (C), las prácticas de gestión del conocimiento relacionadas con la identificación, captura, almacenamiento y difusión permiten que este recurso pueda ser utilizado y aprovechado por todos, para resolver problemas cotidianos o actuaciones no cíclicas, basándose en las experiencias o actuaciones realizadas por el personal y que pueden ser utilizadas para auto-aprendizaje, y sistema de decisión ante acciones no vividas y experimentadas por otros. El caso (D), requiere de un análisis más exhaustivo para descubrir aquel conocimiento que falta o que se ha perdido (por ejemplo, por pérdida de expertos, bajas médicas de técnicos u operarios, traslados, etc.), lo que permite definir las estrategias para su recuperación o incorporación en la medida que siga siendo clave para el cumplimiento de los objetivos de la organización (Peluffo et al, 2002).

Con la visualización de estas preguntas básicas y fundamentales se busca definir el enfoque y buscar respuestas que nos definan el estado actual del conocimiento que están utilizando o precisarían utilizar la organización de mantenimiento, marcando el punto inicial desde una concienciación del grupo, sobre el valor del conocimiento intangible que están utilizando y el valor que podría producir nuevo conocimiento que incidiera en las acciones estratégicas y eficiencia operativa del grupo.



Figura 7. Las preguntas básicas para la visión del mapa de conocimiento en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia a partir de (Peluffo et al, 2002).



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Con la evaluación de las prácticas más corrientes se estudian los flujos de conocimientos y los procesos que se deben implantar para facilitar su gestión, desde la fuente productora de conocimiento hasta el destino (usuario de conocimientos), considerando especialmente los mecanismos de retroalimentación e intercambio que aseguren un aprendizaje permanente, así como un uso del conocimiento estratégico.

Con la evaluación de las acciones críticas que afectan a los aspectos estratégicos de mantenimiento tales como los que hacen referencia a la fiabilidad y resolución de averías, la mantenibilidad, la operativa en explotación y la eficiencia energética, se consigue el mapa de conocimiento necesario para la resolución de las acciones tácticas fundamentales que en mayor medida afectan a la empresa, o detectar el conocimiento faltante y que es necesario adquirir para mejorar o fomentar una mayor eficiencia y reducción de tiempos en la resolución de acciones críticas.

El resultado de esta primera fase en donde se desarrolla un diagnóstico, determina las formas en que se irá implementando el Sistema de GC, tomando en cuenta a su vez el estado de maduración de los procesos y a la intensidad de las necesidades, teniendo en cuenta que si el conocimiento utilizado corresponde en gran medida con las necesidades de mantenimiento, se deberá fomentar su rápida recirculación fomentando el aprendizaje de todos sus miembros, haciendo la organización más eficiente. Si por el contrario, se detecta falta de conocimiento para la resolución de situaciones estratégicas o críticas, el esfuerzo de la GC estará concentrado en adquirir el conocimiento faltante, ya sea vía la producción interna o por medios externos que nos provean de conocimiento experto, o transformando el conocimiento obsoleto en conocimiento actualizado.

Etapa 2: Definición de objetivos y concienciación de los órganos intervinientes.

Tras una visión del estado actual mediante la etapa 1, es preciso una definición de objetivos a conseguir mediante la adecuada gestión del conocimiento, que proporcionen una dirección en relación con la captación y creación de conocimientos y de competencias claves para fortalecer el desarrollo de las estrategias tácticas de la organización de mantenimiento, así como los plazos para alcanzar los objetivos de una manera realista.

Estos objetivos pueden estar orientados hacia la toma de conciencia del valor del conocimiento por parte de la organización (Figura 8); objetivos estratégicos del conocimiento, que definen el conocimiento clave para la organización y las necesidades de conocimiento nuevo; objetivos de conocimiento operativo, los cuales se relacionan con la implementación de la administración del conocimiento, transformando los dos anteriores en metas concretas (Probst et al, 2001).

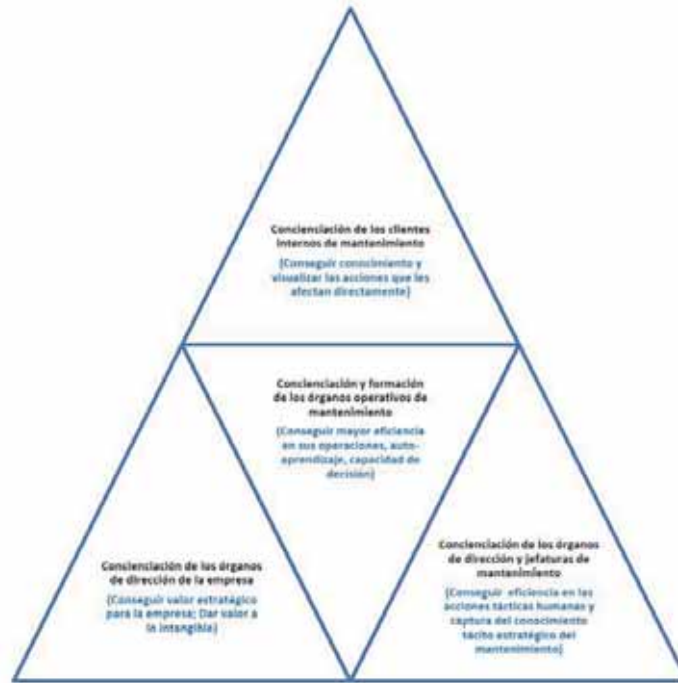


Figura 8. Pirámide de concienciación de los órganos intervinientes para los procesos de GC en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Ese nivel de concienciación e implicación de los órganos intervinientes debe tener una fortaleza sostenida para asegurar la continuidad de los sistemas de GC dentro de la organización de mantenimiento. Debe tener un componente de concienciación fuertemente arraigado entre los órganos directivos de la empresa y las jefaturas de mantenimiento, pasando después mediante la formación e información hacia los órganos operativos de mantenimiento (que son los que tienen en realidad recogido el conocimiento estratégico de la empresa), y finalizando en la concienciación de los clientes internos de mantenimiento (El resto de departamentos de la empresa).

Con la definición de objetivos se orientan las iniciativas y como consecuencia de ello, se agrega una perspectiva de factibilidad hacia los resultados a obtener y expectativas de los retos planteados. Para esta etapa es fundamental el estudio de los recursos necesarios (humanos, materiales y económicos), y la concienciación de la dirección de la empresa y de los órganos directivos de mantenimiento, tomando rango de proyecto y con plazos de cumplimiento.

Etapa 3: Aspectos estratégicos y procesos clave.

En esta etapa se clarifican y conectan la relación del conocimiento (y su gestión) que afecta directamente sobre los aspectos estratégicos y tácticos de la actividad de mantenimiento que inciden de forma trascendental en la empresa. Se han definido como aspectos fundamentales: la fiabilidad y resolución de averías, las acciones operativas de explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética.

Con ello se tiende la base para estructurar y usar experiencias pasadas dentro de las actividades tácticas de mantenimiento para que los miembros no improvisen continuamente sobre la misma



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

experiencia (Cegarra et al, 2003), y capturar el conocimiento tácito, vital en todas las acciones de mantenimiento. El foco de la gestión del conocimiento es aprovechar y reutilizar los recursos que ya existen en la organización, de modo tal que las personas puedan seleccionar y aplicar las mejores prácticas (Wah, 1999).

Etapa 4: Comienzo de la base de GC. Formación, auto-aprendizaje y agentes para la gestión del conocimiento.

El conocimiento no puede ser concebido independientemente de la acción, cambiando la noción del conocimiento como una materia que los individuos o las organizaciones pueden adquirir, hacia el estudio del saber como algo que los actores desarrollan por medio de la acción. El trabajo de Polanyi ha sido muy influyente en la definición del conocimiento como algo dinámico, y cuya dimensión tácita dificulta su transmisión (Polanyi, 1966), que en gran medida está introducida en las actividades fundamentales de mantenimiento industrial.

Una cultura organizativa proactiva flexible unido a un estilo participativo de la dirección, son elementos que permiten desarrollar actividades tanto de la generación como de la transferencia del conocimiento dentro de la organización. A nivel individual la motivación personal y la oportunidad de aprender facilita la generación del conocimiento que al ser compartido con otros miembros de la empresa da lugar al conocimiento organizativo. La evidencia empírica del presente estudio muestra que la cultura organizativa abierta motiva a los técnicos a generar y compartir su conocimiento de una forma más exitosa y al mismo tiempo, apoya la comunicación entre los miembros de la empresa. En los mandos de mantenimiento, una distribución física agrupada de sus puestos de trabajo facilita la transferencia del conocimiento.

En esta etapa se formaliza la base física (tecnológica o no) que debe dar sustentación a la gestión del conocimiento del mantenimiento. Para ello se debe haber definido y clarificado los procesos estratégicos y procesos clave, que definan por diferentes zonas de conocimiento estratégico las experiencias, actuaciones y recopilación de información esquematizada y útil, que puede ser utilizada por todos los miembros de la organización, haciendo mayor incidencias en aquellos con mayor componente tácito manejado por los órganos operativos de mantenimiento, y reutilizable por todos sus componentes.

Se hace presente, la necesidad de la figura de un “gestor del conocimiento”, como un facilitador importante en la captación de la transferencia y utilización del conocimiento. Esta figura debería ser una persona con formación técnica, organizativa y nociones de gestión del conocimiento, con gran experiencia en el área operativa (que conozca en profundidad de primera mano los factores que influyen en su trabajo), y que aglutine todos los esfuerzos de la organización de mantenimiento para gestionar un conocimiento estratégico que pueda ser utilizado por toda la organización. Su dedicación podría ser parcial o total (según las características de la empresa), compartiéndola con la dedicación en otras facetas del área de mantenimiento, y podría cumplir al mismo tiempo un vínculo de enlace con el resto de la organización (producción, administración, etc.), que ayudaría a la mayor calidad del servicio prestado de mantenimiento. Esto sugiere que el conocimiento que se desea transferir necesita ser una prioridad dentro de la organización donde su transferencia requiere ser planeada como el resto de las actividades estratégicas de la empresa.

Etapa 5: Producción, captación y almacenaje del conocimiento estratégico.

Con la generación de conocimiento organizacional se sustenta el aprendizaje en la organización de mantenimiento que a su vez permiten el desarrollo de las capacidades y mejora de las prácticas. Aprovechar el entusiasmo y la capacidad de aprendizaje de la gente en todos los

niveles de la organización (Senge et al., 1995), integrando la percepción, la creación de conocimiento y la toma de decisiones, hacen la base de una organización inteligente. Dado que las experiencias provienen de conocimientos tácitos, el método de creación de conocimiento busca la transformación del conocimiento tácito individual en conocimiento explícito a utilizar por el colectivo.

La generación y transferencia del conocimiento son procesos que cuenta con una mayor cantidad de conocimiento tácito. Tanto en la etapa de codificación como en la etapa de utilización, el conocimiento tácito es convertido en conocimiento explícito para la comprensión y disposición del mismo de todos los miembros de la organización de mantenimiento. La bibliografía consultada señala que los aspectos fundamentales de la Gestión del Conocimiento son la creación y la distribución del conocimiento (Bueno, 2000). La creación de nuevo conocimiento tiene su origen en las preguntas, problemas o necesidades de las personas, las cuales dan lugar a un conjunto de ideas en la búsqueda de las respuestas adecuadas que facilitan su actividad y desempeño.

La figura 9 muestra el modelo de creación del conocimiento en una perspectiva multinivel que se observa en la espiral del conocimiento, que no es un proceso lineal y secuencial, sino exponencial y dinámico, que parte del elemento humano y de su necesidad de contrastar y validar sus ideas y premisas. De esta forma, el individuo a través de la experiencia crea conocimiento tácito, el cual conceptualiza, convirtiéndolo en explícito individual. Al compartirlo con cualquiera de los agentes que intervienen en la organización se convierte en conocimiento explícito social. El siguiente paso consiste en internalizar las experiencias comunes, transformando el conocimiento explícito social en tácito individual (Martinez et al, 2002).

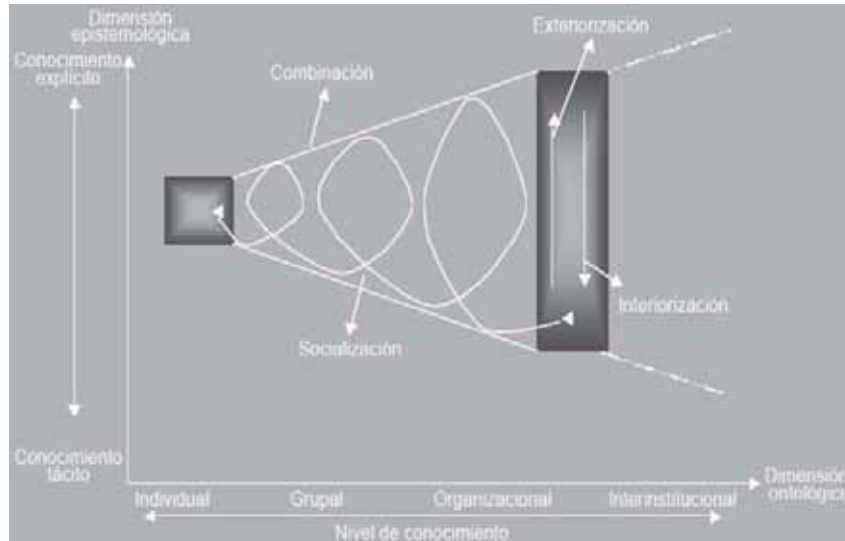


Figura 9: Espiral de creación del conocimiento. Fuente: (Nonaka y Takeuchi, 1995).

Esta etapa se caracteriza por el almacenamiento de los conocimientos previamente codificados, ubicándolos en repositorios desde los cuales los usuarios pueden acceder fácilmente a un conocimiento pertinente y en el momento que este lo necesiten. Uno de los factores determinantes de éxito de la función de almacenamiento, es la agilidad y capacidad de acceso, con diseño bidireccional (utilización e ingreso de conocimiento y experiencias) de los usuarios



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

en función de sus necesidades de conocimiento. Es clave la participación de especialistas de contenidos, que aseguran la calidad y pertinencia de los mismos en relación con las necesidades y el lenguaje del usuario, y de la seguridad del sistema (Peluffo et al, 2002).

Es por ello clave las funciones de los gestores de conocimiento designados y la selección de las herramientas más adecuadas al tipo de usuario y de conocimiento almacenado.

La fase de Almacenaje y Actualización de conocimientos, requiere la realización coordinada y sistemática de las siguientes labores: Codificación, Catalogación, Depuración y limpieza y Seguridad.

- **Codificación:** Representación del conocimiento tácito (capturando las experiencias y el saber en el desempeño de los trabajos de mantenimiento) y explícito (el que tiene la organización y puesto de manera sintetizada y ágil en su interpretación), de modo que pueda ser ingresado y distribuido, con el uso del lenguaje más apropiado al sistema-entorno. Los contenidos se depositan en contenedores, que son repositorios o estructuras específicas según los tipos y formatos en que se encuentran codificados tales contenidos. Este contenedor puede tener su base en cualquier sistema o programa informático (base de datos, excel, etc.), en el cual todos los componentes de la organización de mantenimiento puedan hacer sus aportaciones, consultas y utilización para el auto-aprendizaje y decisión, de una manera ágil y con un lenguaje intuitivo y fácil.
- **Catalogación:** Los contenidos codificados deben ser adecuadamente catalogados en función de las acciones estratégicas de mantenimiento (fiabilidad, mantenibilidad, operativa en explotación y eficiencia energética), por especialistas internos de la organización de mantenimiento que están habilitados para comprender el sentido y significado de los diversos elementos fuente. La definición de los criterios de catalogación es una de las primeras tareas que deben concretar quienes se hacen cargo de la administración de contenidos.
- **Depuración:** Para que el conocimiento codificado, ya sea tácito o explícito, no pierda la vigencia y sirva a los propósitos de todos los integrantes de la organización en el momento en que éstos lo requieren. Del mismo modo, la apropiada limpieza y tratamiento de contenidos permite tener un conocimiento estratégico sintetizado y útil. Es vital la misión del gestor de conocimiento para dar uniformidad y validez final a los conocimientos o información introducida, que redundan en una mayor eficiencia en los procesos de actualización de contenidos y mejores tiempos de respuesta frente a requerimientos de los usuarios.
- **Seguridad:** Dotar de los mecanismos de seguridad necesarios para evitar que los contenidos sean dañados, casual o intencionadamente. Para esto, deben contar con las facilidades que les permitan establecer controles de acceso, filtros u otros procedimientos, definidos por el gestor de conocimiento de mantenimiento.

Etapa 6: Circulación y utilización del conocimiento.

Teniendo como base el contenedor de conocimiento, la fase de circulación tiene que ver con la creación de espacios de conversación e intercambio adecuados para que se produzca la circulación del conocimiento tácito y explícito de la organización, para que los conocimientos puedan fluir de una manera continua, de manera que se logre el objetivo de la distribución y el uso de tal conocimiento, fomentando participar de manera activa, amplificando la interacción dentro de todos los miembros de la organización de mantenimiento, que tienden a dar respuestas más rápidas a los problemas comunes que se producen en su dinámica diaria, y pueden ser considerados también espacios de aprendizaje en tanto permiten al usuario relacionar conocimientos de diversas fuentes.



El uso de las intranets y extranets, puede ser utilizado como medios para compartir información, así como los espacios virtuales de conversación más conocidos como los Chat, foros, las videoconferencias, etc. Esto permite que se produzca un diálogo entre los miembros que permite una transferencia de conocimiento tácito, similar a la que se da en los espacios de conversación reales.

Etapa 7: Medición y estrategias de mejora.

Un proyecto de gestión de conocimiento en la ingeniería de mantenimiento, debe tener un componente de continuidad y para ello es preciso de manera periódica unas mediciones, en base a indicadores, así como el planteamiento de estrategias de mejora, para visualizar de qué forma la gestión del conocimiento está produciendo impactos en los resultados esperados en la organización de mantenimiento, contrastados con valores orientativos previos a la implantación del proyecto de GC, tales como los tiempos de actuación ante incidencias, tiempos de acoplamiento de nuevo personal, eficiencia y tiempos en los procesos periódicos de mantenimiento preventivo o correctivo, y la detección y aprendizaje de acciones para la mejora de la eficiencia energética.

Los indicadores utilizados deben apuntar a medir la eficiencia y efectividad que se logra en los procesos principales que están presentes en la definición de la GC, tales como la generación, transferencia y utilización del conocimiento, midiendo el grado de introducción de nuevos ítems por parte de todos los miembros de la organización, así como el grado de utilización por los individuos, y con ello, tomar las acciones correctivas que sean necesarias para lograr los objetivos propuestos.

La utilización de eventos Kaizen, puede ser utilizado, como herramientas para la medición, visualización, captura, aprendizaje y utilización del conocimiento gestionado, mediante acciones periódicas con diferentes grupos de mantenimiento, constatando con su aplicación los resultados asociados a las variables que se han establecido en los criterios de desempeño.

7. Conclusiones

Alguno de los problemas fundamentales para la optimización de la función de mantenimiento, vienen como consecuencia del factor humano, que sin embargo afecta a funciones transcendentales y tácticas de la empresa (fiabilidad, productividad, eficiencia energética, etc.) y que se hace todavía más patente en el caso de grandes compañías, que tienen multitud de plantas con una gran diversificación geográfica. En estos casos, el intercambio y transvase de información entre ellas, así como, el disponer de una gestión de conocimiento común, hace que ésta se vea mejorada.

La gestión del conocimiento ha tenido un aumento significativo en los últimos años, sobre todo en áreas con mayor capacidad organizativa de la empresa y con ello se han generado una cantidad importante de modelos de GC que pretenden entender, explicar el conocimiento en beneficio de individuos y organización, aunque por el contrario, ha sido relegado a un tercer plano u olvidado, dentro de las organizaciones de mantenimiento de la empresa, quizás por el alto componente de experiencia y conocimiento tácito que está implícito en la mayor parte de sus acciones, y que dificulta su transferencia.

Aunque se puede considerar al conocimiento como un ente independiente entre las personas que lo generan y lo utilizan (Rodríguez, 2006), el modelo se debe centrar en la creación de

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



metodologías, estrategias y técnicas que permitan almacenar el conocimiento y faciliten su acceso y posterior transferencia entre los miembros que intervienen, facilitando y mejorando las acciones estratégicas que tiene definidas la organización de mantenimiento.

La principal aportación de este trabajo es la presentación de unos principios básicos para la propuesta de un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial, donde partiendo de los marcos de referencia de la ingeniería del mantenimiento industrial en relación al conocimiento y la experiencia, se han definido las fases y etapas básicas que debería reunir el modelo en su aplicación al desempeño de la organización de mantenimiento.

Las limitaciones del trabajo comprenden la ausencia de modelos de GC en su aplicación directa al desempeño del mantenimiento industrial, por lo que el presente trabajo únicamente aporta avances en el entendimiento y estudio de la problemática del mantenimiento industrial en relación a su adecuada gestión del conocimiento e información estratégica, siendo una aproximación para la definición de modelos que permitan desarrollar futuras líneas de investigación enfocadas a desarrollar modelos que permitan entender el complejo tema de la generación, aplicación, transferencia y utilización del conocimiento, en un entorno con alto componente tácito basado fundamentalmente en la experiencia de los individuos para resolver o mejorar los aspectos estratégicos de la empresa, en los cuales, los departamento de mantenimiento, cumplen un papel crucial.

8. Referencias

- Barragán, A., (2009). Aproximación a una taxonomía de modelos de gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 2009 – 5(1):65-101. doi: 10.3926/ic.2009.v5n1.p65-101.
- Bartol, K. M.; Locke, E.; Srivastava, A. (2006). Empowering leadership in management teams: Effects on knowledge sharing, efficacy, and performance. *Academy of Management Journal*, 49(6): 1239-1251.
- Bhatt, G. D. (2002). Management strategies for individual knowledge and organizational knowledge. *Journal of Knowledge Management*, 6(1), 31-39.
- Bravo-ibarra, E.; Herrera, L. (2009). Capacidad de innovación y configuración de recursos organizativos. *Intangible capital*, 5(3): 301-320.
- Brooking, A. (1997). *El Capital Intelectual. El principal activo de las empresas del tercer milenio.* Ed.Paidos Iberica S.A., Buenos Aires.
- Buckingham-Shum, S. (1998). Negotiating the Construction of Organisational Memories. In U.M. Borghoff and R. Pareschi (Ed.), *Information Technology for Knowledge Management*, pp. 55-78, Berlin: Springer.
- Bueno, E. (2000). La dirección del conocimiento en el proceso estratégico de la empresa: información, complejidad e imaginación en la espiral del conocimiento. *Euroforum Escorial*, pp. 55-66.
- Busch, P., Richards, D., Dampney, C. (2003). The graphical interpretation of plausible tacit knowledge flows. *Australasian Symposium on Information Visualisation, InVis.au*, Tim Pattison, Bruce H. Tomas (eds.), ISBN: 1-920682-03-1, Australia.
- Cegarra, J, Moya, B. (2003). Orientadores del capital relacional. *Cuad. Adm. Bogotá (Colombia)*, 16 (26): 79-97, julio-diciembre de 2003.
- Claver, E.; Zaragoza, P. (2007). La dirección de recursos humanos en las organizaciones inteligentes. Una evidencia empírica desde la dirección del conocimiento. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 13(2): 55-73.
- Coakes, E., Amar, A.D., and Luisa Granados, M.L. (2010). "Knowledge management, strategy, and technology: a global snapshot", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 23, No. 3, pp 282 – 304.
- Coombs, R.; Hull, R. (1998). Knowledge management practices and path-dependency in innovation. *Research Policy*, 27(3): 237-253. doi:10.1016/S0048-7333(98)00036-5.
- Desouza K, and Evaristo R. (2003). Global knowledge management strategies. *European Management Journal*, Vol. 21, No. 1, pp 62–67.
- Drew, S.A.W. (1996). *Managing Intellectual Capital For Strategic Advantage.* Annual Conference Of The Strategic Management Society.



- Phoenix, November 10-13.
- González-Sánchez, R. García-Muiña, F. (2010). Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento. *Intangible Capital*, 2011 –7(1):82-115. doi:10.3926/ic.2011.v7n1.p82-115.
- Gordon, J.L. (2000). Creating Knowledge Structure Maps to support Explicit Knowledge Management. *Proceeding of the Twentieth Annual International Conference on Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence (ES2000)* pp. 34-48, Cambridge, England, December 2000.
- Guns, B. (1996). *Aprendizaje Organizacional. Cómo Ganar y Mantener la Competitividad*. Ed. Prentice Hall/Simón & Schuster Company, México.
- Halawi L., Aronson J and McCarthy R (2005) "Resource-Based View of Knowledge Management for Competitive Advantage" *The Electronic Journal of Knowledge Management* Volume 3 Issue 2, pp 75-86, available online at www.ejkm.com.
- Hejduk, I. (2005). "In the Way to the Future: The Knowledge-Based Enterprise. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 15(1):5–14.
- Jasimuddin, S., Klein, J., Connell, C. (2005). The paradox of using tacit and explicit knowledge, *Strategies to face dilemmas. Management Decision*, 43(1):102-112.
- Jennex, M.E. and Olfman, L. (2006). A Model of Knowledge Management Success, *International Journal of Knowledge Management*, Vol. 2, No. 3, pp 51-68.
- Kalkan, V.J. (2008) An overall view of knowledge management challenges for global business, *Business Process Management Journal*, Vol. 14, No. 3, pp 390-400.
- Laursen, K.; Salter, S. (2006). Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27: 131-150. doi:10.1002/smj.507.
- Lehner, F. and Haas, N. (2010). Knowledge Management Success Factors – Proposal of an Empirical Research, *Electronic Journal of Knowledge Management* Vol. 8, No. 1, pp 79– 90.
- Lloira, M.; Peris, F. (2007). Mecanismos de coordinación estructural, facilitadores y creación de conocimiento. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(1): 29-46.
- Lugger, K. and Kraus, H. (2001). Mastering Human barriers in Knowledge Management, *Journal of Universal Computer Science* Vol. 7, No. 6, pp 488-497.
- Martínez, I; Ruiz, J; (2002). Los procesos de creación del conocimiento: El aprendizaje y la espiral de creación del conocimiento. XVI Congreso Nacional de AEDEM. Alicante 2002.
- Nonaka I., Takeuchi (1995). *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press.
- O'Dell, C., Grayson, C.J. (1998). If only we knew what we know: Identification and transfer of internal best practices. *California Management Review*, 40(3), 154-170.
- Pajares, G.; Santos, M. (2005). *Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento*. RA-MA editorial, ISBN: 84-7897-676-0, España.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). *Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público*. Ed. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.
- Pérez, A. (2007). *Modelo para la Auditoría del Conocimiento Considerando los Procesos Clave de la Organización y Utilizando Tecnologías Basadas en Conocimientos*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- Polanyi, M. (1966): *The tacit dimension*, Routledge & Kegan Paul, London.
- Polanyi, M. (1967). *The tacit dimension*. Garden City, N.Y.: Doubleday.
- Probst, G.; Raub, S. ; Romhardt, K. (2001). *Administre el conocimiento*. Ed. Pearson Educación, México.
- Rodríguez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica. *Educar*, 37:25-39.
- Ruggles, R. (1998). The state of the notion: Knowledge management in practice. *California Management Review*, 40(3), 80-89.
- Senge, P., Ross, R., Smith, B., Roberts, CH., Kleiner, A. (1995). *La Quinta Disciplina en la práctica. Estrategias para construir la organización abierta al aprendizaje*. Ed. Granica, España.
- Sing, S. (2008). Role of leadership in knowledge management: A study. *Journal of Knowledge Management*, 12(4): 3-15. doi:10.1108/13673270810884219.
- Smith P.A.C. (1998). *Systemic Knowledge Management: Managing Organizational Assets For Competitive Advantage*. *Journal of Systemic Knowledge Management*, Canada.
- Syazwan-Abdullah, M., Kimble C., Benest I., Paige R. (2006). Knowledge-based systems: a re-evaluation. *Journal of Knowledge Management*, 10(3):127-142.
- Tan, C, L and Nasurdin, A, M. (2011). Human Resource Management Practices and Organizational Innovation: Assessing the Mediating Role of Knowledge Management Effectiveness. *The Electronic Journal of Knowledge Management* Volume 9 Issue 2



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- (pp155-167), available online at www.ejkm.com.
- Tham, Wing H. (2000). Technology in Knowledge Management. Desk Research, ENMG 604 Serie Technology/Innovation Management, Engineering Management Programme, University of Canterbury, Octubre.
- Turner, G and Minonne, C. (2010). "Measuring the Effects of Knowledge Management Practices" Electronic Journal of Knowledge Management Volume 8 Issue 1 (pp161 - 170), available online at www.ejkm.com.
- Van de Vrande, V.; Vanhaverbeke, W.; Gassmann, O. (2010). Broadening the scope of open innovation: Past research, current state and future directions. International Journal of Technology Management, 52(3/4): 221-235. doi:10.1504/IJTM.2010.035974.
- Vasconcelos, J., Kimble, C., Gouveia, F. (2000). A design for a Group Memory System using Ontologies. Proceedings of 5th UKAIS Conference, University of Wales Institute, Cardiff, McGraw Hill, April 2000.
- Wah, L., 1999. "Behind the Buzz", en: Management Review, v. 88, n. 4, p. 16-19.
- Walsh, J. (1995). Managerial and Organisational Cognition. Organisation Science, 6(3):280-321, May/June.
- Wiig, K. (1995). Knowledge Management Methods – Practical Approaches to Managing Knowledge. Schema Press. Arlington, Texas, USA.
- Wiig, K., Hoog, R., Van Der Spek, R. (1999). Supporting Knowledge Management: A Selection of Methods and Techniques. Expert Systems With Applications, 13(1):15.
- Yahya, S.; Goh, W. K. (2002). Managing human resources toward achieving knowledge management. Journal of Knowledge Management, 6(5): 457-468. doi:10.1108/13673270210450414.
- Zhuge H. (2006). Discovery of Knowledge Flow in Science. Communications of the ACM, 49(5):101-107.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

5.2. Desarrollo de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial..



Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MANT.	Capítulo I
Capítulo VI	Capítulo II
Capítulo VII	Capítulo III
ANEXOS	Capítulo IV
INDICE	



Desarrollo de un modelo de Gestión del Conocimiento en su aplicación a la ingeniería de mantenimiento industrial.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica
de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia,
España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: La actividad de mantenimiento, tal y como está organizada y por su propia especificidad, genera fundamentalmente conocimiento tácito basado en la experiencia, a niveles muy superiores al explícito, que además se registra de forma fragmentada, no siendo habitual los sistemas informatizados integrados. En cuanto al conocimiento teórico, puede ser considerado como residual, ya que en general, se cuenta con trabajadores maduros, con mucha experiencia y formación limitada, siendo el gasto destinado a formación escaso. En definitiva, en el desempeño de las tareas de mantenimiento se observa poco, se valora muy escasamente y se contabiliza o registra aún menos, y, además, se confecciona un tipo de información poco elaborada y débilmente orientada a la toma de decisiones. El conocimiento y su adecuada gestión es un valor intangible estratégico y que marca la eficiencia en numerosos puntos fundamentales de la empresa. En este artículo, se propone un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo finaliza comentando los resultados y experiencias empíricas observadas en la aplicación de este modelo dentro de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación.

Palabras Clave: Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo V:
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

La ingeniería del mantenimiento requiere de conocimientos técnicos muy específicos, un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito (Polanyi, 1966), y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen. La adecuada gestión del conocimiento y la aplicación del conocimiento adquirido en las actividades rutinarias de mantenimiento en la empresa, y su mejora, puede ser observado como un factor importante que puede influir positivamente en diversas acciones que afectan estratégicamente a toda la empresa, tales como (Cárcel, 2010):

- ♦ Resolución averías.
- ♦ Actuación ante acciones de emergencia.
- ♦ Conocimiento del entorno.
- ♦ Ver oportunidades de nuevas acciones.
- ♦ Planificación del mantenimiento.
- ♦ Marcar prioridades de inversión, fiabilidad y eficiencia energética.
- ♦ Optimizar recursos técnicos.
- ♦ Optimización económica.
- ♦ Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuesta operativa.

Con un cambio hacia un modelo basado en el Conocimiento y el Aprendizaje, la organización se centra en la capacidad de innovar y aprender (Coakes et al., 2010; Kalkan, 2008; Jennex et al., 2006; Desouza et al., 2003), para resolver de una manera más eficiente sus trabajos cotidianos, así como resolver acciones nuevas o no rutinarias, creando un valor de lo intangible en base al conocimiento y a su rápida actualización en el ámbito del entorno de trabajo de la organización de mantenimiento. Debe ser asumido como una estrategia de desarrollo a largo plazo (Minonne et al., 2009; Sheffield. 2011), visualizando el conocimiento como factor estratégico, por ello la resolución de problemas y las tomas de decisiones deben tener un soporte basado en la disponibilidad y capacidad (Peluffo et al, 2002):

- La disponibilidad de la información y conocimiento clave en todos los miembros de la organización, en función de las acciones tácticas fundamentales del mantenimiento industrial.
- La capacidad de analizar, clasificar, modelar y relacionar sistémicamente datos e información sobre valores fundamentales para dicha Sociedad.
- La capacidad de construir futuro de esa sociedad de forma integral y equitativa (direccionalidad a metas).

Debe estar acompañado por transformaciones claves en la administración y desarrollo de la organización, que se focalizan en:

- La forma en cómo se hacen las cosas (se tiende a administrar por competencias más que por puesto de trabajo),
- Las formas de encarar la combinación del uso de la tecnología con los saberes individuales y organizacionales acumulados (se enfatiza en las destrezas de pensamiento, de búsqueda activa de conocimiento, las comunidades de prácticas, etc.),
- La formación y el auto-aprendizaje, para la consecución de competencias.
- Las nuevas formas de comunicar el conocimiento y de construirlo (conocimiento tácito almacenado, técnicas para el análisis de la información, los bancos de ideas, de conocimiento, las mejores prácticas).

- El cambio cultural experimentado por la aceptación de los beneficios del nuevo modelo sobre el tradicional (nuevas formas de valorización del trabajo, el papel del factor humano, la mayor autonomía para desarrollar tareas, el alineamiento entre los intereses individuales y los organizacionales).

La actividad de mantenimiento, tal y como está organizada y por su propia especificidad, genera fundamentalmente conocimiento tácito basado en la experiencia, a niveles muy superiores al explícito, que además se registra de forma fragmentada. En general, se cuenta con trabajadores maduros, con mucha experiencia debido a la gran especialización requerida y, además, se confecciona un tipo de información poco elaborada y débilmente orientada a la toma de decisiones.

En este artículo, tras analizar la relevancia de la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, se propone un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo finaliza comentando los resultados y experiencias reales observadas en la aplicación de este modelo dentro de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación.

2. La relevancia de la Gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial.

Dentro del contexto táctico de mantenimiento, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso a tener en cuenta dentro de dicha actividad, un enfoque de este podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1995, 1999; Wiig, 1997; Bueno 2002), y los factores que humanos de relevancia que se ven afectados (Lehner et al., 2010; Turner et al., 2010; Lugger et al., 2001).

- *Generación del conocimiento*: estudia los procesos de adquisición de conocimiento externo y de creación del mismo en la propia organización, poniendo en acción los conocimientos poseídos por las personas.
- *Codificación, almacenamiento o integración del conocimiento*: poner al alcance de todos el conocimiento organizativo, ya sea de forma escrita o localizando a la persona que lo concentra.
- *Transferencia del conocimiento*: analiza los espacios de intercambio del conocimiento y los procesos técnicos o plataformas que lo hacen posible. Esta fase puede realizarse a través de mecanismos formales y/o informales de comunicación.
- *Utilización del conocimiento*: la aplicación del conocimiento recientemente adquirido en las actividades rutinarias de la empresa.

Sin embargo, en numerosas ocasiones, el vacío de conocimiento que suele existir en la función de mantenimiento se debe principalmente a las siguientes causas:

- No existe una fuerte cultura de escribir y conservar el conocimiento.
- No se ha apreciado que una avería puede ser una fuente de conocimiento y que se debe capitalizar esta experiencia mediante el registro de causas, fenómenos y acciones tomadas, y normalmente, debido a la propia inercia del trabajo realizadas de manera impulsiva y bajo fuerte estrés y en numerosas ocasiones ante acciones críticas bajo la técnica de “zafarrancho de combate”.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.. MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- No se emplea normalmente la información para obtener conocimiento. Las estadísticas no son entendidas como herramientas de diagnóstico. Prevalece la experiencia, la habilidad técnica, y por tanto un fuerte conocimiento tácito.
- La dirección de la empresa no le da la importancia y no estimula el trabajo con datos.
- Las técnicas de fiabilidad y mantenibilidad pueden tener algún grado de dificultad para el profesional de mantenimiento con poca práctica en estadística industrial, y que normalmente desempeña trabajos manuales.

A nivel operativo de la propia organización de mantenimiento y tras el análisis y revisión alguno de los estudios formalizados sectoriales (AEM, 2010; Sepi, 2009; INE, 2008), se puede considerar la posible incidencia de utilización de técnicas de gestión del conocimiento (Tabla 1) que ayudarían a suavizar o minimizar los puntos negativos observados o marcar nuevas líneas de actuación (Bhatt , 2002; Halawi et al., 2005) que pueden hacer más eficiente las actividades realizadas de mantenimiento y por consiguiente, una mayor productividad, eficiencia y reducción de gastos de toda la empresa.

ASPECTOS TÁCTICOS DEL MANTENIMIENTO	POSIBLE INCIDENCIA POR LA ACCIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Fiabilidad, disponibilidad en la producción/explotación en la empresa.	El almacenamiento, transmisión y gestión del conocimiento, aumenta la productividad general de la empresa (menores paradas no programadas)
Ciclo de vida del equipamiento e instalaciones	Información operativa del equipamiento que inciden en su durabilidad y buenas prácticas.
Reparaciones y conservación	La captación del conocimiento de lo realizado, elimina paros no deseados. Transmisión conocimiento a otros operarios.
Personal	Captación del conocimiento tácito del personal en base a la experiencia operativa. Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal. Ayuda a reciclaje de personal existente.
Cualificación del personal y formación.	La formación debe tener un componente importante sobre la gestión de experiencias operativas en la propia planta. Creación de sistemas de auto aprendizaje.
Técnicas organizativas mantenimiento	Deben ser implantadas, y capturar y transmitir el conocimiento generado. Deben ser implantadas por el propio personal. Análisis de datos obtenidos.
Mantenimiento preventivo/correctivo.	Gestión de la experiencia y conocimiento en la realización de las actividades de mantenimiento.
Trabajos de urgencia o críticos	Cualquier experiencia de urgencia o crítica, debe ser registrada. Debe servir para aprender ante actuaciones futuras.
Uso de la información y su gestión.	La gestión de la información debe ser ágil y útil. Los registros deben mostrar las experiencias e inquietudes del personal operativo de mantenimiento (bidireccional)
Gestión de la energía y su eficiencia.	Captura de las experiencias y buenas prácticas. Análisis por los miembros de mantenimiento. Conocimiento bidireccional

Tabla 1: Aspectos tácticos de mantenimiento y su incidencia ante acciones de gestión de conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el entorno de la propia actividad de mantenimiento, se pueden extraer las siguientes conclusiones en función de la relevancia, características y experiencia que están implícitas en el propio desempeño:

Relevancia del conocimiento: El conocimiento afecta a los elementos estratégicos y tácticos en los sistemas de Gestión del mantenimiento. El mantenimiento requiere conocimientos técnicos y de organización muy especiales, habilidades y experiencia; no sólo conocimientos teóricos, sino fundamentalmente prácticos. Una parte importante de la experiencia de planta configura conocimiento tácito y, en general, los sistemas de gestión del mantenimiento no contienen herramientas para convertirlo en explícito. Tampoco la transmisión de conocimiento explícito se muestra satisfactoria.

Características del conocimiento: Las fuentes de conocimientos estratégicos (proceso y cadena de fallo, disponibilidad, etc.) y los tácticos (opciones tácticas y sistemas de organización) tienen dos orígenes fundamentales: la experiencia habida en la planta industrial (una gran parte de la cual deriva en conocimiento tácito) y los planteamientos teóricos (modos de fallo, teoría de la fiabilidad, re-emplazamiento de equipos, ciclo de vida, etc.). Habría, al menos, tres tipos de experiencia: La experiencia que proporciona la vida operativa en la planta, la derivada de los experimentos controlados y el conocimiento histórico explícito o registrado.

La experiencia no registrada: El conocimiento basado en la experiencia (tácito) es difícil de extraer y formalizarse, pues es un conocimiento fragmentado, complejo, presenta pocas regularidades, confuso, recolectado de imprevistos, guiado por la urgencia, con imposiciones de tiempo, espacio, actividad poco regulable, y escasamente “protocolizable”, incompleto, aislado, infrecuente, local (aplicable a espacios y situaciones concretas), y contingente (ubicado en escenarios poco repetibles).

Los datos históricos. Los datos históricos no suelen almacenarse seleccionados o filtrados, mucho menos orientados a las metas o en bases relacionales, la información que contienen está fragmentada y suele ser poco fiable, por lo que su utilidad efectiva suele ser escasa y difícil su transmisión.

Aprendizaje y entrenamiento. Los sistemas de organización del mantenimiento promueven con decisión el que la adquisición y transmisión de conocimiento, y su actualización, se consigan eficiente y efectivamente a través del entrenamiento, aprendizaje y formación de los recursos humanos, piedra angular, sobre todo del TPM (Mantenimiento productivo total).

Las estrategias de aprendizaje pueden entenderse como el conjunto organizado, consciente e intencional de lo que hace el aprendiz para lograr con eficacia un objetivo de aprendizaje en un contexto dado (Gargallo et al, 2009).

Durante la investigación, para determinar los estilos de aprendizaje entre una muestra de operarios de mantenimiento, se pasaron unos cuestionarios CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje) (Alonso et al., 1994), de los 25 sujetos analizados, en 21 de ellos (84%), el estilo predominante fue el activo-pragmático. El punto fuerte de las personas con predominancia de estilo pragmático es la aplicación práctica de las ideas, que marca un enfoque de aprendizaje profundo, basado en la motivación intrínseca (Figura 1): El operario tiene interés por la materia y desea lograr que el aprendizaje tenga significación personal. Una buena estrategia de aprendizaje, de las definidas en la literatura consultada para estos modelos de sujetos y con el fin de abordar un proyecto de gestión de conocimiento en mantenimiento, sería las llamadas “Estrategias de búsqueda, recogida y selección de información”: Integran todo lo referente a la localización, recogida y selección de información. El sujeto debe aprender, para ser aprendiz estratégico, cuáles son las fuentes de información y cómo acceder a ellas para disponer de la misma. Debe aprender, también, mecanismos y criterios para seleccionar la información pertinente.



Figura 1: Características de los estilos de aprendizaje. Fuente: Adán, 2004, adaptado de Honey-Alonso.

Una vez determinados los aspectos sustanciales del conocimiento en la actividad de mantenimiento, parece interesante establecer unos principios básicos de referencia para el sistema que se ha de desarrollar (Pawlowski et al., 2012; Tan et al., 2011), a fin de que éste sea capaz de obtener y transmitir esos conocimientos, en consonancia con el patrón de mantenimiento habitual detectado. El sistema a desarrollar debe así requerir no muy elevada inversión, con costes de mantenimiento del sistema bajos, que sea ágil y ligero no implicando costes de utilización elevados. Estos deben ser los principios en los que basar el sistema, a fin de obtener los resultados requeridos, para lo que deberá implementarse adecuadamente ganándose la confianza del empresario y de sus utilizadores.

El objetivo básico de la función de mantenimiento puede expresarse como la gestión optimizada de los activos físicos. Esta optimización debe obviamente orientarse a la consecución de los objetivos empresariales, algunos de los cuales se reflejan a continuación, clasificados en varios epígrafes:

- *económicos*: mayor rentabilidad y beneficio, menores costes de fallo, mayor ahorro empresarial, menor inversión en inmovilizado o en circulante, etc.
- *laborales*: condiciones adecuadas de trabajo, de seguridad e higiene, etc.
- *técnicos*: disponibilidad y durabilidad de los equipos, máquinas e instalaciones.
- *sociales*: ausencia de contaminación, ahorro de energía, etc.

3. Un modelo para la Gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial.

Un modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial debe pasar por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, deteniendo las barreras para su implantación (Jackson, 2005), la transformación de lo intangible en tangible, finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento (Figura 2):

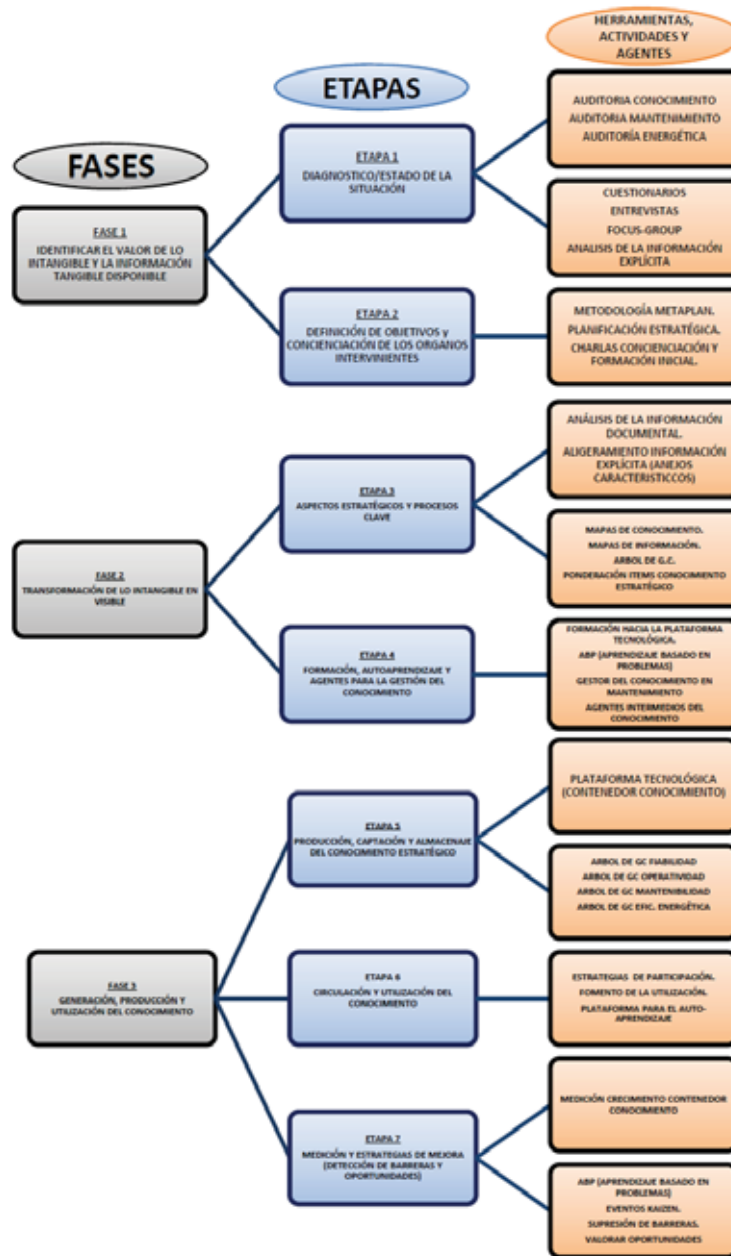


Figura 2. Fases, etapas y herramientas para implementar el modelo de GC en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

La primera fase donde se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.). Se pasa por dos etapas, una primera fundamental, donde se hace un diagnóstico del estado de la situación, en referencia a la propia gestión del conocimiento (donde se detectan las



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

características que se dan en la organización de mantenimiento), así como la forma en que se desempeñan sus actividades características técnicas. Los puntos de partida para dar el rumbo del proyecto de gestión del conocimiento, se pueden extraer de auditorías de conocimiento, de mantenimiento y de eficiencia energética realizadas a la propia organización, así como la utilización de técnicas de investigación cualitativas tales como pueden ser los cuestionarios, entrevistas, focus-group, etc. En una segunda etapa dentro de esta primera fase, se asientan los procesos que deben llevar a cabo el proyecto de gestión del conocimiento en la organización de mantenimiento de la empresa, mediante la planificación de las tareas, aclaración de ideas mediante metodologías tipo Metaplan, así como iniciar las charlas de formación inicial entre todos los miembros de la organización, para motivar sobre los objetivos, beneficios y retos a asumir para la implantación, reduciendo o acotando las barreras detectadas en la etapa 1.

En una segunda fase, se asientan los procesos en relación a los procesos estratégicos y procesos clave del desempeño del mantenimiento y de cómo se deben estructurar la gestión del conocimiento, formalizando los procedimientos y estrategias para el soporte del modelo, donde se va transformando lo intangible en visible, para utilizar un banco común de sustentación del conocimiento. En esta fase se utilizan también técnicas cualitativas (entrevistas individuales, grupo de discusión, etc.), donde se unifican criterios, se clarifican los procesos y se produce una motivación en las personas intervinientes. Se plantea estratificar los elementos fundamentales mediante el uso de herramientas como los mapas de información, conocimiento y conceptuales, que ayudan a definir lo que será el árbol del conocimiento. Es en esta fase donde se deben definir las personas que harán las funciones de gestores de conocimiento, cuya misión es dar soporte, coordinación y generar pro-actividad entre todos los miembros de la organización, para llevar el proyecto de GC por una senda o dirección definida en la uniformidad en los procesos fundamentales de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, definiendo la plataforma tecnológica que será el contenedor del conocimiento, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la GC a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema. De igual manera, y dado que un proyecto de GC debe ser considerado en un ciclo continuo a lo largo de tiempo, se deben hacer estrategias de medición en relación a la generación y el uso, así como utilizar eventos kaizen que permitan el aprendizaje, y la evaluación del uso.

En la figura 3, se extraen los procesos estratégicos del mantenimiento industrial con sus características en relación a los procesos del conocimiento, así como las consecuencias observadas. Se observa (Figura 2), que un adecuado tratamiento de la información, datos y experiencias operativas, registradas en el desempeño del mantenimiento, inducen sin duda ventajas competitivas a las empresas. Sin embargo normalmente dicha visión, no es contemplada por los órganos directivos de la empresa, dado que su valor o resulta invisible para ellos (por su difícil cuantificación y conocimiento de los procesos internos de la actividad de mantenimiento), centrándose la mayoría de las acciones de gestión del conocimiento en el

entorno de la empresa en otras secciones que son más visibles y con mayor grado de cuantificación (marketing, administración, desarrollo, etc.).

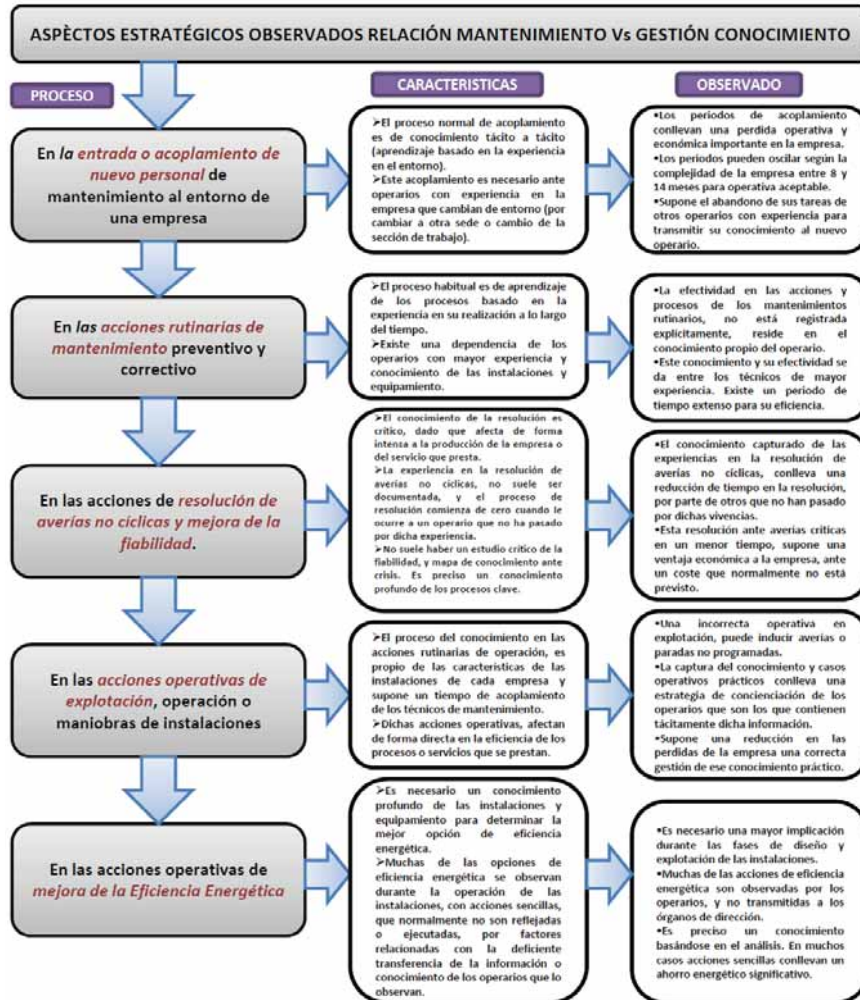


Figura 3. Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

El modelo de GC en la ingeniería del mantenimiento, debe acotar y reducir los problemas cotidianos que se constatan en la mayoría de las empresas, donde por el carácter tan específico y técnico de dichos trabajos, se requiere un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito, y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen. Por ello se pretende mitigar los siguientes aspectos:

- Problemas derivados de los cambios de personal en la plantilla de mantenimiento, y que hacen que el nuevo personal necesite un tiempo de acoplamiento elevado hasta conseguir la disponibilidad total operativa del nuevo técnico, o la persona trasladada a otra planta industrial diferente a donde opera normalmente (tiempo necesario para absolver y asimilar el conocimiento y experiencia para operar en el nuevo entorno).



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAMT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Falta de experiencia o conocimiento de los operarios para resolver determinados problemas que obliga a que otros los solucionen.
- Falta de información sobre medidas específicas a adoptar ante averías que no se le han presentado antes al operario.
- La dependencia por parte de la empresa de la experiencia y conocimiento de los operarios, imprescindible para el buen funcionamiento de la empresa.
- El conocimiento y experiencia en la operación u explotación diaria de las instalaciones, que normalmente se basa en la experiencia en el tiempo (y asimilada tácitamente), o transferida de manera informal por otro compañero con experiencia en dicho puesto (paso del conocimiento de tácito a tácito)
- El conocimiento en las acciones rutinarias de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, que ante la entrada de nuevos operarios, conlleva de igual manera un tiempo de adaptación, acompañado de operarios existentes.
- La experiencia y el conocimiento que motivan acciones de eficiencia energética, detectadas muchas veces tras el conocimiento profundo de las instalaciones por parte de los técnicos operativos y normalmente no registradas de manera explícita, y que se pierden tras el abandono de ciertos operarios.
- Existencia únicamente de históricos de avería teóricos, sin poseer documentación alguna sobre las averías que no suelen ocurrir, y que son las que normalmente tienen mayor repercusión económica negativa para la empresa.
- Una incorrecta gestión de la documentación técnica que se encuentra descentralizada y/o parcialmente disponible, o que en algunos casos es tan voluminosa que no deja ver cual es la información relevante y útil.
- La carencia de sistemas de aprendizaje y reciclaje del personal, en concreto hacia el propio entorno donde opera la organización de mantenimiento.

Hay que evitar un enfoque de “apagar fuegos” que se da en la gestión de operaciones tradicional, por falta de un enfoque hacia la mejora continua, constituyendo esto una barrera importante (Bateman et al., 2003).

La aplicación de una mejora en la gestión de la información y conocimiento, redonda positivamente en todas esas acciones, y en especial en la resolución de grandes averías, o fallos no cíclicos espaciados en el tiempo y normalmente no registrada su actuación.

3.1. FASE 1: Identificación del valor de lo intangible y análisis de la situación.

El comienzo de un proyecto de gestión del conocimiento en mantenimiento, lleva de por sí implícito, que existe ya una concienciación en los órganos de dirección del mantenimiento, de la importancia y beneficios que puede conllevar a la propia organización. Un proyecto de GC, está condenado al fracaso, si no intervienen de manera activa los componentes humanos propios de la organización de mantenimiento de la propia empresa. Puede haber apoyo experto externo, como es el caso de esta investigación, pero de ninguna manera puede ser llevado a cabo de una manera total externalizando todos los procesos.

El comienzo debe pasar por el análisis e identificación del estado de la situación en relación en cómo se desarrollan los procesos de comunicación y relación para el aprendizaje, así como los procesos técnicos, misión de los departamentos de mantenimiento. Mediante técnicas cualitativas como la de observación directa, permite hacer un estado de situación, sobre la forma en que realizan los procesos y actividades, antes de realizar estudios cualitativos más profundos.



Auditar el conocimiento:

Para ello se han diseñado unos cuestionarios (Figura 4) con el fin de estimar y definir el estado de la gestión del conocimiento, en relación a las acciones cotidianas, y las aplicadas hacia las que se han definido como aspectos estratégicos del mantenimiento (fiabilidad, eficiencia energética, mantenibilidad, explotación /operación). Su finalidad es detectar las maneras en que se relacionan las personas en la organización de mantenimiento, sus formas de comunicación y estrategias diarias.

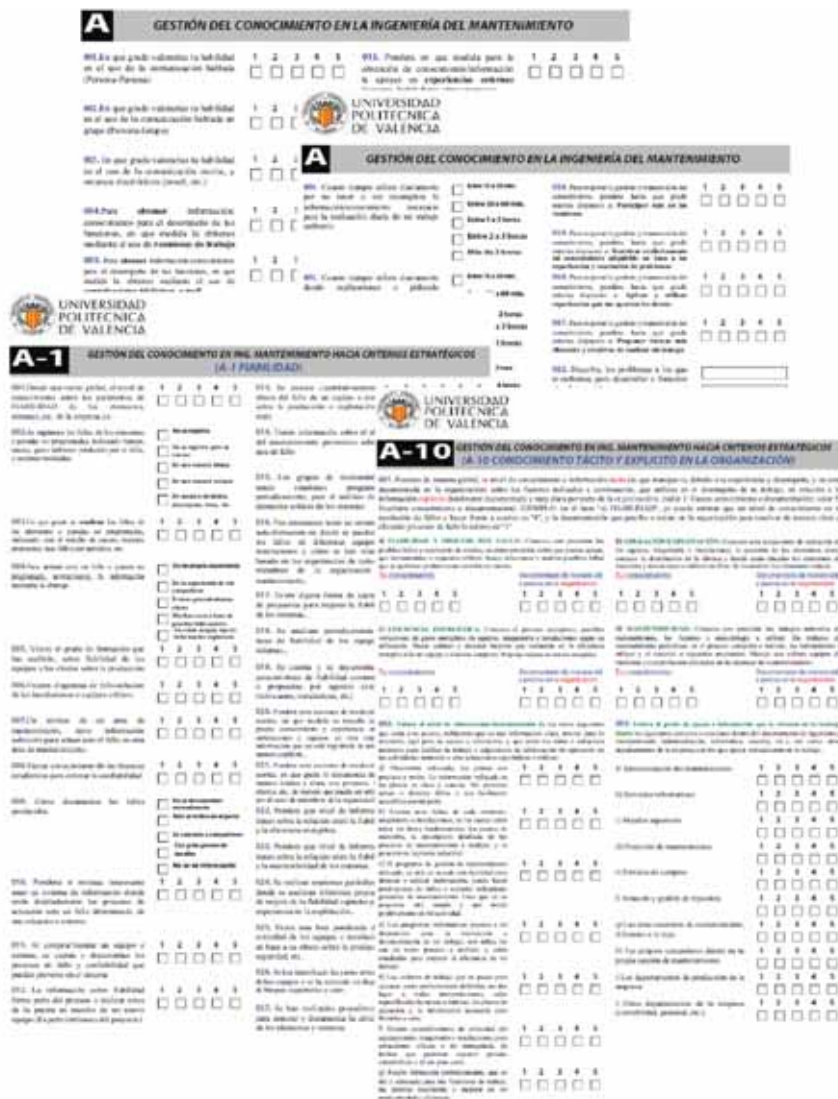


Figura 4. Detalle de cuestionarios para identificación de los procesos de comunicación y estratégicos en la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Con estos cuestionarios iniciales se hace un pre-diagnostico inicial del conocimiento, de cómo se obtiene y comparte la información entre sus miembros con los flujos de entrada y salida, la manera como se utiliza el conocimiento y se documentan las experiencias diarias, y las relaciones entre sus órganos (jefes y operarios) y relaciones con empresas o trabajadores externos que tienen relación con la organización de mantenimiento. Con ello se realiza una auditoría de conocimiento, donde se visualiza las relaciones y flujo de la comunicación y procesos del conocimiento entre los propios miembros. De igual manera se identifican la relación de todos los procesos clave de la actividad de mantenimiento en relación al conocimiento necesario, las barreras para mejorar la transferencia, y la manera de captura del conocimiento tácito que en alto porcentaje se dan en todas las actividades estratégicas.

Auditar las acciones de mantenimiento:

De igual manera, para abordar los procesos de gestión del conocimiento, también es preciso el identificar los procesos normales asignados al departamento de mantenimiento, para lo que es necesario una auditoría de mantenimiento (que identifica los procesos técnicos del desempeño del mantenimiento en el entorno de la empresa donde desarrolla el trabajo), y las auditorías energéticas (unidas íntimamente a los procesos de mantenimiento), donde se detectan situaciones y procesos a optimizar o corregir que afectan directamente a la propia operativa de la empresa, compromiso medio-ambiental y mejora económica de los recursos.

Se puede utilizar como metodología para la auditoría de mantenimiento, de los diversos que existen en la literatura, cualquiera que marque los procesos normales en el interior de la empresa. Para auditar el mantenimiento pueden ser utilizadas como referencia las normas UNE (UNE-EN 15341, 2008; UNE-EN 13306, 2010; UNE-EN 13460, 2009; UNE-EN 20464, 2002; UNE-EN 60706-2, 2006), o normas de carácter internacional tales como las Covenin (Fondonorma) (COVENIN, 1993). En concreto para este estudio se selecciono el sistema de auditoría de mantenimiento basado en la norma Covenin (Figura 5), basado en 300 ítems, que refleja las mejores prácticas en el contexto de mantenimiento industrial.

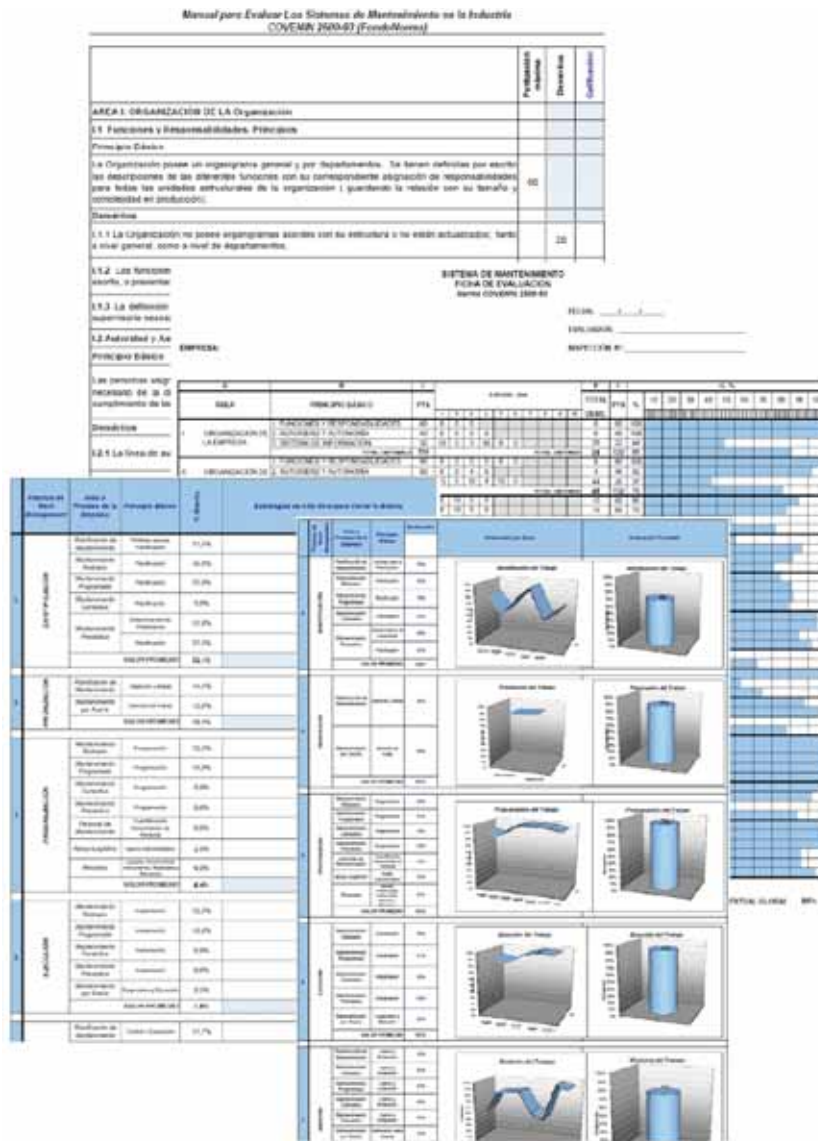


Figura 5. Detalle de auditoría de mantenimiento en base a la norma covenin. Fuente: Covenin, 1993.

Este sistema de auditoría de mantenimiento, mediante un sistema de deméritos, permite partir del estado futuro y ubicar el estado presente (según los términos de Work Management). La distribución del cuestionario de Covenin está catalogada por clase de mantenimiento. Se organizan las respuestas del cuestionario según las cinco fases en que Work Management divide el trabajo en la actividad de mantenimiento (identificación, priorización, programación, ejecución, medición).



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.-MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

La hoja "Análisis de Brecha" muestra porcentualmente la diferencia entre la mejor práctica (Estado Futuro) y el resultado de la evaluación (Estado Presente). En la misma hoja se muestran las Estrategias de Alto Nivel necesarias para cerrar la brecha. (Ruta de Transformación).

Auditar la eficiencia energética:

La auditoría energética, proporciona información relevante sobre cómo se producen todos los procesos de transferencia de energía, su uso, la limitación de fugas y la eficiencia de los equipos, misión fundamental de mantenimiento. La metodología se basa en las normas UNE (UNE 216501, 2009; UNE 16001, 2010), y mediante la realización de auditorías energéticas se afianzan las políticas internas para la mejora de la gestión energética (Figura 6), así como las acciones rutinarias, correctivas y preventivas que debe realizar la organización de mantenimiento.

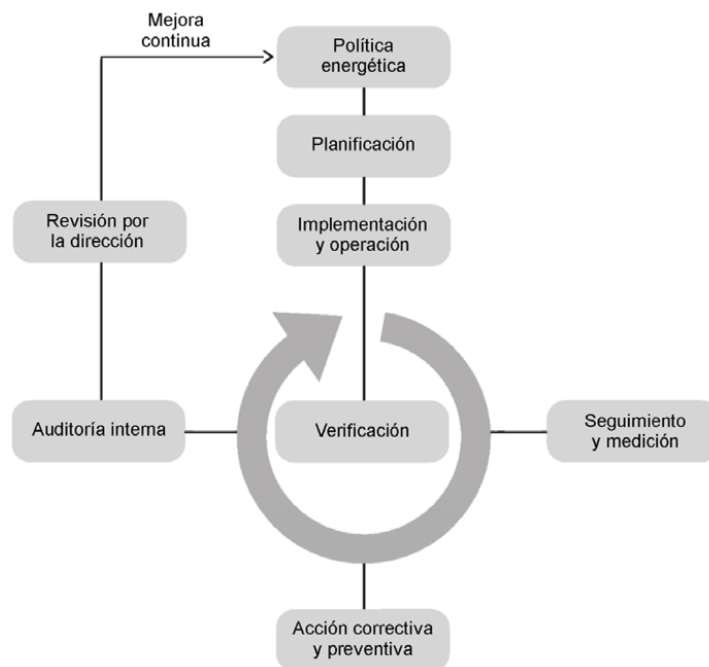


Figura 6. Diagrama de modelo de gestión energética según norma UNE 16001. Fuente: UNE 16001-2010.

Con la realización de la auditoría energética, se produce una generación de conocimiento en base al estudio y la experiencia sobre los equipos e instalaciones, así como el uso de la energía por los procesos de producción o servicios, con una contabilidad energética, desarrollando unas mejoras y motivando unas recomendaciones de buenas prácticas para toda la organización. Al menos, se deben realizar las siguientes acciones, basadas en las normas y en el sentido común:

- Alcanzar un conocimiento suficiente del proceso de producción en lo que a sus implicaciones energéticas se refiere, cuando sea posible, con la ayuda de un diagrama de proceso así como el grado de utilización de la capacidad productiva de la instalación (%).
- Se deben identificar las principales operaciones básicas, las líneas de proceso que trabajan de forma independiente y las que lo hacen de forma secuencial o encadenada.



- c) Para cada operación básica, se debe identificar y caracterizar la forma o formas de energía que se utilizan, los principales sistemas y equipos que la desarrollan y sus vínculos con otras operaciones básicas, así como los flujos másicos involucrados o procesados para obtener indicadores que permitan asignar costes energéticos por proceso o por producto.
- d) Adquirir conocimiento del horario de operación de planta de fabricación y de los principales sistemas y equipos consumidores de energía que la conforman.
- e) Régimen del establecimiento: nº de empleados, estacionalidad del proceso, régimen de funcionamiento (días por semana).
- f) Registro, y en su defecto cálculo o estimación, y análisis de los consumos con el mayor detalle posible (al menos anuales) de los principales equipos, sistemas, o partes del proceso.
- g) Análisis del estado de conservación general de los equipos y sistemas, y sus características técnicas.

Se debe conocer la eficiencia con el que se aplican las tecnologías horizontales y se prestan los servicios, con el objetivo de identificar y analizar las posibilidades de ahorro o diversificación energética en todos los equipos y sistemas de la organización definidos en el alcance, como:

- a) Comportamiento térmico del edificio: características de la envolvente térmica, tanto de los cerramientos opacos como de los huecos, orientación del edificio, zona climática, condensaciones, permeabilidades, puentes térmicos, protecciones solares por obstáculos remotos o debidas al propio edificio, condiciones funcionales de los distintas estancias del edificio y todo aquello que influya en el comportamiento térmico del edificio.
- b) Sistema eléctrico: acometida, transformación, distribución interior hasta los puntos de consumo.
- c) Iluminación natural y artificial interior y exterior a cargo de la organización.
- d) Acondicionamiento térmico del edificio o edificios, calefacción, refrigeración, calidad de aire, y ventilación.
- e) Sistemas de producción de aire comprimido y red de distribución.
- f) Central térmica: calderas de agua caliente y sobrecalentada, generadores de vapor, aceite térmico y gases calientes.
- g) Sistema de producción, acumulación y distribución de agua caliente sanitaria.
- h) Sistemas de combustión y recuperación de calor en equipos de proceso.
- i) Central frigorífica: equipos de producción de agua refrigerada, y sistemas de condensación.
- j) Redes de distribución de fluidos calientes, refrigerados o a presión, destinados tanto a climatización como a proceso.
- k) Elementos emisores y cambiadores de calor del sistema de climatización.
- l) Motores eléctricos y su regulación.
- m) Acometida y distribución de agua fría, grupos de presión, regulación, control de caudales.
- n) Otras fuentes de captación de aguas.
- o) Otras instalaciones: grupos electrógenos, baterías de condensadores, plantas depuradoras de agua, plantas de acondicionamiento de agua de consumo humano o para proceso, sistemas de transporte interior de materias y productos.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. - MAMT.
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

p) Sistema de autoproducción de energía.

Con el análisis de las distintas operaciones de la organización así como de cada uno de los principales equipos consumidores de energía que intervienen en las mismas, se identifican qué partes de los procesos tienen un mayor consumo energético, determinando el potencial de reducción de consumo energético y definiendo las propuestas de mejora. Con ello se consigue un conocimiento profundo de todas las acciones que inciden en el flujo energético y que afectan el servicio prestado del departamento de mantenimiento. Muchas de las acciones detectadas por la auditoría energética son conocidas de antemano por la propia organización de mantenimiento, pero muchas veces no han sido cuantificadas y por ello mantenidas sin realizar en el tiempo. Esta cuantificación impulsa una concienciación colectiva en toda la organización de mantenimiento, cuando se presenta y se difunden los resultados cuantificados de dicho estudio profundo (Figura 7).

FICHA DE ACCIÓN Nº	Sector Aplicación	Ficha certificación energética actual	Ahorro estimado (KWh)	Reducción estimada (%) (CO ₂)	Ahorro estimado (€/año)	Inversión estimada	ROI (años)
1	Suministro eléctrico - aumento de potencia contratada		-	-	18,8	-	-
2	Instalación eléctrica de fábrica - Instalación de sistema de supervisión para el control y monitorización del consumo eléctrico de planta		409.411	151,4	33,6	80,8	1,8
3	Instalación eléctrica de fábrica - Nueva distribución eléctrica línea de CT1 a Cuadros de distribución de tiro		59.304	11,1	2,9	-	-
4.1	Instalación de tiro Industrial - Instalación de variación de velocidad en compresor de tiro A5		201.707	74,8	16,9	50,4	3,0
4.2	Instalación de tiro Industrial - Instalación de variación de velocidad en compresor de tiro A5		184.322	68,3	14,8	58,8	4,0
5	Instalación de tiro Industrial - Instalación de variadores de velocidad en condensadores magnetotermicos		192.897	71,4	16,8	34,8	1,8
6.1	Instalación de aire comprimido industrial - Instalación de control multicompresor		69.501	31,6	7,0	3,3	0,9
6.2	Instalación de aire comprimido industrial - Reducción de consumo industrial		46.000 (2)	16,6 (2)	4,0 (2)	1,0 (2)	-
6.3	Instalación de aire comprimido industrial - Reducción de fugas		113.700	41,9	9,7	-	-

Figura 7. Ejemplo del detalle de ficha de acciones de resultados como consecuencia de una auditoría energética. Fuente: Elaboración propia.

El conocimiento que se adquiere con la auditoría energética, marca acciones de mejora, información de cómo se deben aplicar variaciones o las mejores prácticas para el uso eficiente de la energía, y establece relaciones que afectan no sólo a la energía, sino a la fiabilidad y mantenibilidad en un proceso sinérgico (Cárcel, 2010), que afianza en todos los miembros de la organización una concienciación eficiente que afecta a todos los resultados de la empresa (económicos, sociales y medio-ambientales) (Figura 8 y 9).



Figura 8. Ejemplo del detalle de una acción de eficiencia energética en el entorno de la refrigeración industrial. Fuente: Elaboración propia.

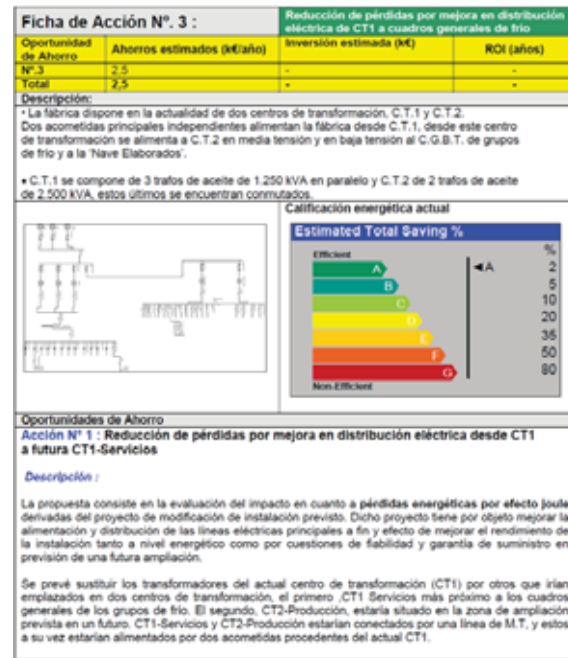


Figura 9. Ejemplo del detalle de de una acción de eficiencia energética en el entorno de la distribución eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

Recogida de información por métodos cualitativos:



En esta primera fase, una vez realizado el estudio preliminar objetivo en base a los estudios realizados en base a los cuestionarios con la auditoría de conocimiento, de mantenimiento y de eficiencia energética, se pasa a un estudio cualitativo mediante entrevistas individuales y de grupo, o metodologías grupales del tipo Metaplan, donde se afianzan los procesos estratégicos detectados. Se realiza la planificación para llevar a cabo los procesos del proyecto de gestión del conocimiento y se realizan las charlas iniciales para concienciación de las personas de la organización de mantenimiento, que son las que deben llevar a cabo dicho proyecto para que el resultado sea el requerido y perdure en el tiempo en la organización, como una filosofía intrínseca en su desempeño diario.

3.2. FASE 2: Transformación de lo intangible en visible.

Esta fase requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articular la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento.

El conocimiento debe estar estructurado desde lo general a lo particular (Figura 10) y en función de los cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética.

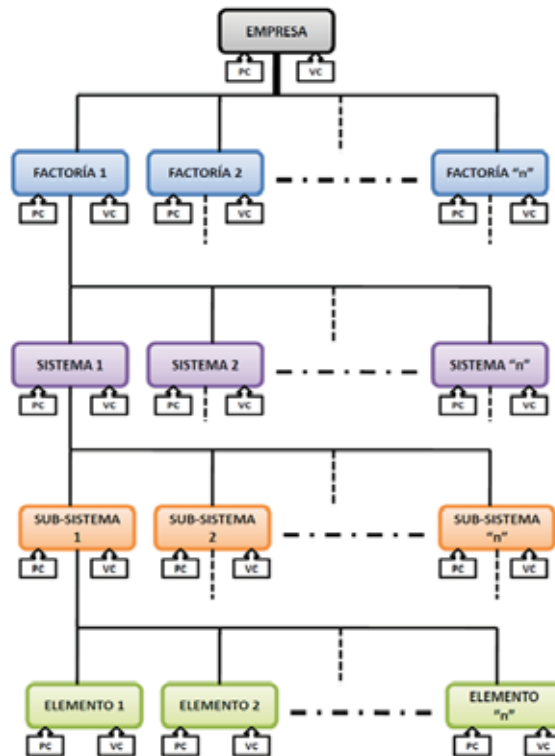


Figura 10. Árbol de estructuración del conocimiento desde lo general a lo particular. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10, se observa el árbol de estructuración de la información, de aquí se observa que la información y el conocimiento debe estar orientado desde el saber general que determine un conocimiento básico operacional (factoría), pasando por los diferentes sistemas que pueden

haber en la empresa (Frío industrial, electricidad, fluidos, sistemas térmicos, obra civil, comunicaciones, etc.), los subsistemas en que puede estar cada uno de los sistemas (Por ejemplo en el sistema electricidad: Centros transformación, cuadros eléctricos, distribución cableado, etc.), finalizando en los elementos, que es la última instalación o equipo operativo en que se actúa dentro de un sub-sistema (Transformador 1, cuadro eléctrico “n”, etc.). Cada uno de los componentes del árbol tendrá asignado dos valores, el peso del conocimiento “PC” y el valor del conocimiento “VC”. El primer valor, PC, supone el valor ponderado que representa en todo el sistema del conocimiento del elemento “n” (de elemento, sub-sistema, sistema, factoría, empresa), asignado por el grupo de expertos de mantenimiento de la empresa, en función de la repercusión que supone tener un grado de conocimiento del elemento considerado en función de su repercusión en las acciones estratégicas; El segundo valor, VC, representa el valor asignado del conocimiento del elemento “n”, en función de los datos y conocimiento introducidos hasta ese momento.

En esta fase se estructura y se precisa toda la información y conocimiento a estructurar en los árboles de conocimiento, para lo cual es necesario concentrar el esfuerzo al principio en el “aligeramiento de la información explícita”, y la captación del conocimiento tácito de los operarios en referencia a las actividades estratégicas de mantenimiento definidas. Con posterioridad se realizan los mapas de conocimiento, información y mapas conceptuales, para el afianzamiento del conocimiento y consulta rápida. También en esta fase se nombran y definen los agentes que harán las funciones de gestor del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento.

a) Aligeramiento de la información explícita

Aquel dicho de que “los árboles no me dejan ver el bosque”, puede ser bien aplicado generalmente en los departamentos de mantenimiento de las empresas, en referencia al gran volumen de información explícita almacenada, y que sin embargo precisamente por su gran volumen, hacen difícil su consulta y tratamiento.

El aligeramiento de la información explícita se hace según el principio de Pareto aplicado al nivel de documentación existente, en que menos del 20% de la información disponible es utilizada en el 90% de las veces.

La principal información explícita existente en las organizaciones de mantenimiento son las referentes a:

- ◆ Documentación de referencia a catálogos o manuales de fabricante.
- ◆ Planimetría.
- ◆ Proyectos de instalaciones y sistemas de producción.
- ◆ Partes de trabajo de mantenimiento.
- ◆ Informes y trabajos de empresas externas.
- ◆ Gestión administrativa y de almacenes de mantenimiento.

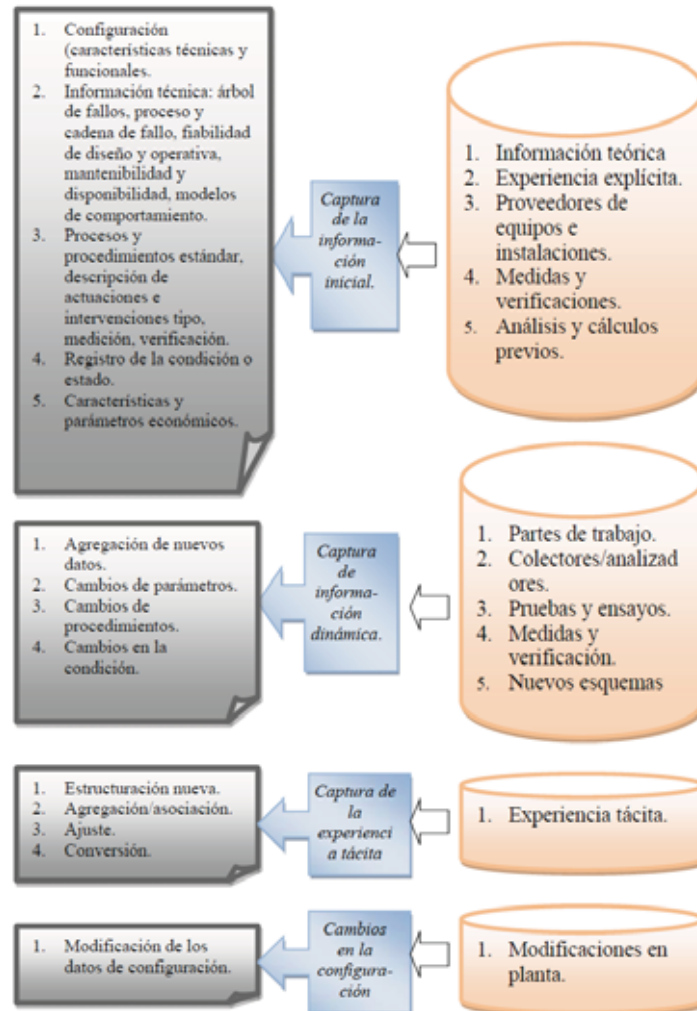


Figura 11. Esquema general de procesamiento de la información. Fuente: Elaboración propia.

Una herramienta fundamental en el aligeramiento de la información explícita es lo que denominaremos como “anejos característicos”. Estos estarán diseñados como un libro del conocimiento resumido, puntual y ágil en donde estén recogidos los datos técnicos, operativos, de entorno y experiencias de un sistema determinado, con el fin de conseguir un profundo conocimiento del sistema determinado, y en base a ello, sea base fundamental para el auto-aprendizaje de todos los miembros operativos de mantenimiento. Con la realización de los anejos característicos se cumplen varias hipótesis, contrastadas en base a la experiencia y los estudios cualitativos realizados:

-Al desbrozar el gran volumen de información existente para su aligeramiento, se consigue un conocimiento más profundo del sistema, una mejor operatividad, y se extraen consecuencias que redundan en la operatividad, fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética.

-Se abordan con mayor facilidad la realización de los diagramas de fallo y operación de los equipos e instalaciones.



-Es una herramienta útil para la utilización en el auto-aprendizaje de los operarios y la reducción de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal.

-Aborda la manera del aligeramiento de la planimetría de mantenimiento, realizando los diagramas de bloques y sintetizando la información gráfica

Con ello se consigue la materialización de la herramienta capaz de manejar y operar con la gran cantidad de datos, que supone la caracterización del funcionamiento de una planta industrial, consiguiéndose la centralización de la información y de las operaciones de mantenimiento llevándose a cabo una eficaz y organizada gestión del mantenimiento.

La gestión de la documentación hace referencia al almacenamiento, estructuración y organización de toda la información necesaria en la gestión del mantenimiento. Se lleva a cabo mediante diversos instrumentos que se explican en los apartados siguientes.

Anejos Característicos.

La importancia de los anejos en el mantenimiento en su aplicación al entorno de una empresa viene determinada por diversos motivos:

- *La descentralización de la información:* la información, ya sean fotografías, planos, manuales, datos técnicos, actuaciones de mantenimiento realizadas y a realizar, etc., se suele encontrar desperdigada en distintas dependencias o secciones de la planta. Siendo difícil, por tanto, de localizar. Parece conveniente, o bien una centralización o una integración de todos esos datos, o cuando menos, la confección de un código o listado de localización o inventario de información, a modo de base de datos relacional, que, mediante palabras clave, facilite el acceso a toda la información en planta sobre un determinado objeto.
- *La gran cantidad de formatos diferentes* que existen en cuanto al almacenamiento informático de planos, esquemas unifilares, etc., que dificulta las comparaciones y el análisis, y que exige una cierta normalización o estandarización de formatos.
- Por último, hay que *destacar la experiencia que posee un operario de mantenimiento* sobre unas instalaciones concretas, y la posible pérdida de esa experiencia tácita por rotación del personal. Esto hace que sea productivo e interesante convertir esa experiencia en explícita, mediante registro de los procedimientos, parámetros, datos, situaciones, selecciones, elecciones, decisiones, observaciones, interpretaciones, recomendaciones, detecciones, diagnósticos y ajustes relevantes para la actuación de mantenimiento en planta.

Cuando un operario entra a formar parte del equipo de mantenimiento de unas determinadas instalaciones, su conocimiento sobre ellas es escaso, así como, la forma de actuar ante las averías más típicas, los lugares donde debe acudir a realizar determinadas comprobaciones, etc.

Todo esto se traduce, por un lado, en la necesidad de adquirir información y formación por parte de esos nuevos operarios, por otro, en la de capturar la experiencia valiosa que poseen los que abandonan la planta. Conviene señalar que, mientras el conocimiento teórico es un “bien compartible” sin coste añadido, siendo posible su adquisición en cualquier momento, la experiencia tácita, acompaña a su poseedor y tiene un coste de oportunidad elevado; ya que si no se adquiere y registra antes de su marcha, requiere un coste y un tiempo de reposición elevado, todo ello traducándose en una nueva inversión por parte de la empresa, y llevando consigo un menor rendimiento y productividad. En definitiva la inversión de transmisión y el coste del mantenimiento del registro de la experiencia explícita, son menores que las inversiones



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.-MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

periódicas que han de efectuarse cada vez que el operario o técnico poseedor de la experiencia abandona la planta y el coste de dependencia de ese operario o técnico cuando está en activo.

Debido a estos motivos, y para subsanar los problemas que se derivan, surge la necesidad de diseñar los anejos característicos de la instalación. Aunque en principio supone una inversión no despreciable por la gran cantidad de horas de trabajo que deben dedicarse a confeccionarlos, el elevado retorno de esa inversión la justifica.

Los anejos deben estar separados según los distintos tipos de instalaciones, de maquinaria, etc. Por ejemplo, podrían separarse en anejo de comunicaciones, fluidos, grupos electrógenos, etc. En el siguiente capítulo, se mostrará un anejo correspondiente a este último concepto.

Por otra parte, un anejo, sea cual sea el tipo de instalación que describe, debe contener información acerca de: equipos pertenecientes a ese anejo, marcas, garantías, distribuidor, características técnicas, ubicación, esquemas unifilares (si corresponde), tipos de fallos más frecuentes, formas de actuación, revisiones a efectuar, fotografías características, etc. (Figura 12 y 13).

Estos anejos contienen gran cantidad y variedad de información, relacionada entre sí y referida a un entorno determinado de actuación, por lo que podría hablarse de que están configurados sobre un tipo de conocimiento espacial o geográfico de la planta.

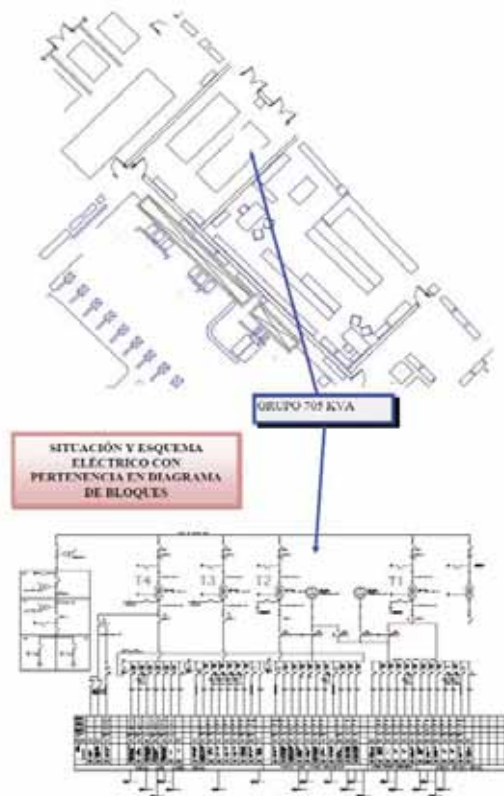


Figura 12. Detalle de parte de un anejo característico. Fuente: Elaboración propia.

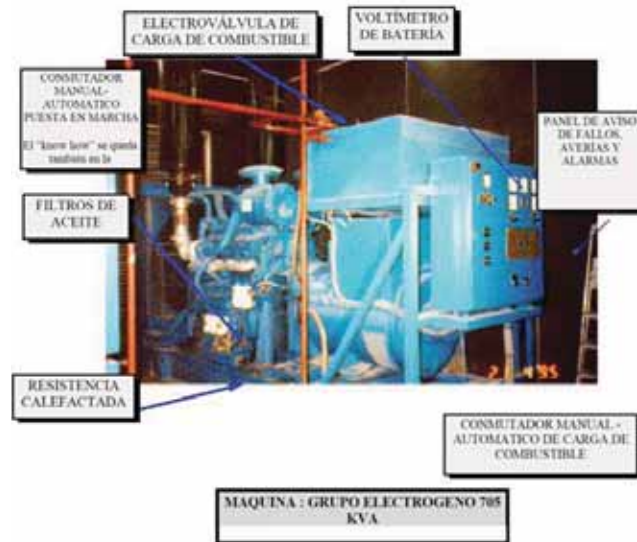


Figura 13. Detalle de parte de un anejo característico. Fuente: Elaboración propia.

Planimetría.

Uno de los aspectos más importantes de cara a un óptimo mantenimiento es la correcta gestión de la planimetría. Dicha planimetría debe ser clara y precisa, de manera que no sólo los ingenieros puedan interpretarla, sino que cualquier operario pueda, en el menor tiempo posible, conocer la disposición de la obra civil, equipos e instalaciones.

Normalmente, la planimetría existente, realizada por la ingeniería de obra, presenta las siguientes deficiencias:

- Con asiduidad, no contempla la realidad de la ubicación real de las instalaciones, equipos y cuadros eléctricos, lo que lleva a dudar siempre de lo que contienen dichos planos. En consecuencia, debe comprobarse la ubicación real sin tener en cuenta lo registrado en dichos planos.
- En muchas ocasiones, en su almacenamiento físico, se encuentran realizados en hojas de formatos elevados (A0 y A1), con lo cual resultan incómodos tanto para trabajar con ellos, como para obtener una visión rápida de lo que se desea consultar.
- La mayoría de ellos están delineados sin tener en cuenta que pueden consultarlos operarios, lo cual requiere (aunque esto es más complejo) elaborarlo de una manera clara, normalizada y legible.
- Los planos que existen pueden no estar realizados en formato CAD (normalmente en pequeñas empresas), lo que conlleva que cualquier variación implica un nuevo delineado y almacenamiento de los planos.

Es por ello que toda la planimetría orientada hacia la función de mantenimiento, debe ser sencilla pero precisa, orientada de lo general a lo particular, diseñada hacia el personal operativo de mantenimiento (Figura 14). Debe contener los diagramas de bloque de conjunto e información adicional que ayuden a su comprensión rápida y ágil por todos los miembros operativos de mantenimiento, y al igual de los anejos característicos, desbrozados y analizados para que contenga de una manera resumida, las características principales y útiles para la



utilización y toma de decisiones rápidas ante acciones de fallos o de operación de los equipos e instalaciones del entorno donde se desarrolla el trabajo.

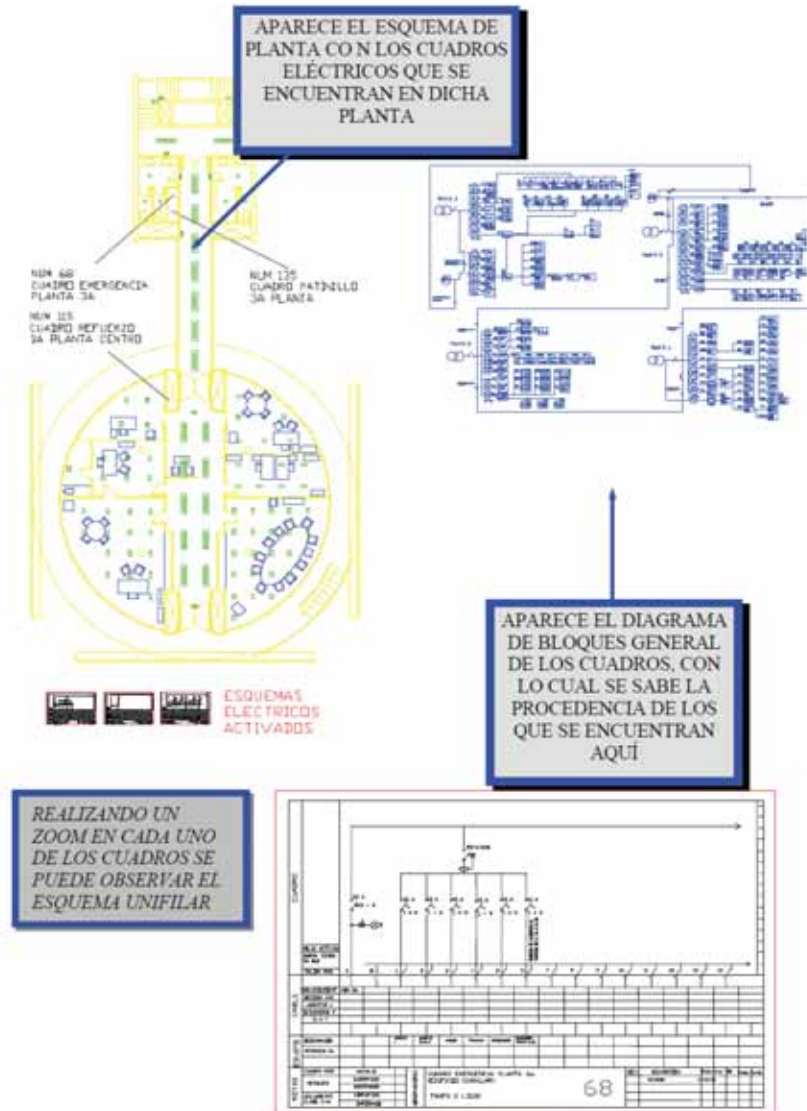


Figura 14. Detalle de tratamiento de la planimetría mediante diagramas de bloques orientada a la posición en planta. Fuente: Elaboración propia.

Por los motivos arriba expuestos, se decide convertir todos los planos primitivos a formato CAD, para su mejor procesamiento y aumento de las prestaciones.

Se debe proceder a realizar la conversión a CAD, si conviene y se constata que no existen, de los planos de planta de los edificios existentes, procediéndose a un repaso real de las

instalaciones y su puesta en la planimetría de manera que refleje lo que realmente existe en dichos edificios.

Se debe intentar introducir el mayor número de características que definan las instalaciones, tales como ubicación de cuadros, pares telefónicos, etc. No obstante, este trabajo debe ser un trabajo “vivo”, de manera que se deberán actualizar las incidencias que día a día puedan surgir, de manera que la planimetría siempre estará al día, y orientada para la utilización práctica de todos los miembros operativos de mantenimiento.

Diagramas de fallos.

Un diagrama de fallos es un esquema en el que se muestra el tipo de fallo o avería que se puede producir junto con unas posibles causas y unos remedios o soluciones a cada una de esas causas.

Estos diagramas son de gran utilidad a la hora de actuar rápidamente ante una incidencia. Por eso estos diagramas deben formar parte de los anejos característicos correspondientes a la planta, realizados de una manera reflexiva y analítica por el grupo de expertos operativos de mantenimiento de la propia factoría (Figura 15 y 16).

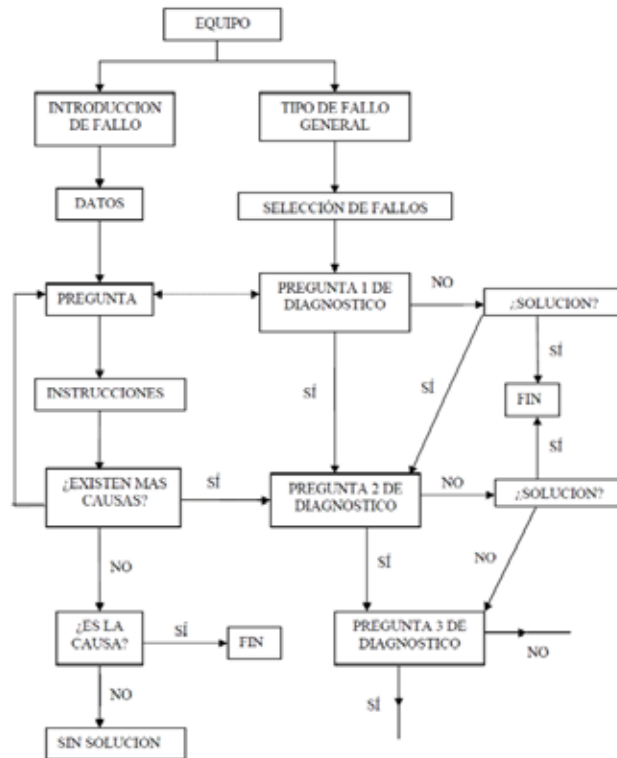


Figura 15. Esquema orientativo para la realización de un procedimiento de decisión ante fallos. Fuente: Elaboración propia.

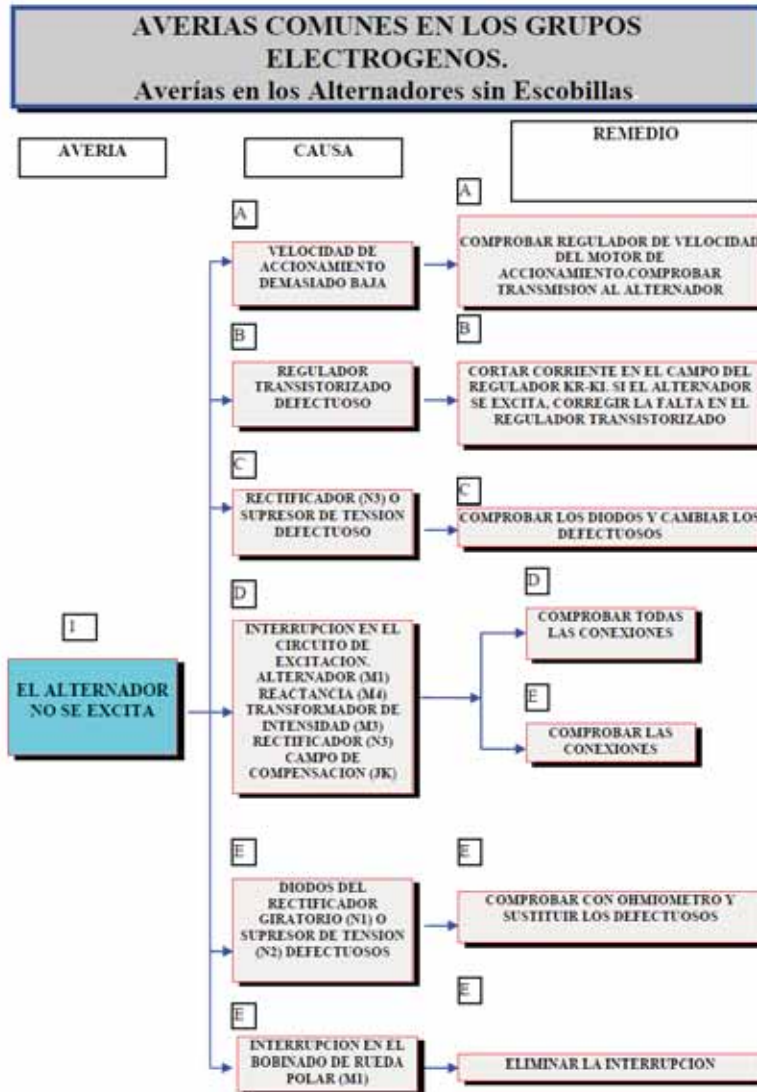


Figura 16. Esquema orientativo para la realización de un diagrama de fallos. Fuente: Elaboración propia.

Sistema de partes de trabajo.

Un parte de trabajo es un documento normalizado sobre la base de una plantilla estándar, diseñada en función de las necesidades de cada empresa, utilizado normalmente en todas las organizaciones de mantenimiento, y normalmente gestionado por programas comerciales estándares de administración de mantenimiento.

Este documento tiene varias funciones:

- En primer lugar, se utilizan para asignar trabajos en general, ya sean revisiones, averías que puedan surgir, o cualquier otro tipo de trabajo que se desee asignar, así como gestionar los



recursos de almacén, herramientas, cuadrantes de mantenimiento, mediciones de consumos de energía, fluidos, control horario, tipos de mantenimiento realizados, la gestión administrativa de pedidos y gestión de personal, etc..

- En segundo lugar, estos documentos se utilizan para planificar mejor las tareas a realizar por la Unidad de Mantenimiento, así como, para que quede constancia de qué operario ha realizado cada tarea, qué materiales ha empleado, cuánto tiempo ha invertido en dichos trabajos, etc.

El parte de trabajo contiene gran cantidad de información que servirá para diferentes cometidos como, por ejemplo, control horario, gestión del almacén, históricos de incidencias y mantenimientos, etc.

Los datos que incluye el parte se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- El primero de ellos incluye toda la información que va implícitamente en el parte, es decir, aquellos datos que el superior correspondiente ha decidido incluir para una correcta ejecución del trabajo,
- El segundo grupo incluye los datos que el operario que realiza el trabajo debe rellenar.

Con relación al adecuado tratamiento de la información generada y el conocimiento producido por las acciones definidas en los diversos partes de mantenimiento, normalmente gestionado por programa comercial de administración del mantenimiento, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Debe permitir el tratamiento de los diferentes indicadores del desempeño de mantenimiento tales como tiempo medio entre fallos (MTBF), tiempo medio de reparación (MTTR), número de fallos por equipo e instalaciones en función de tiempo, tiempos medios de resolución de las diferentes acciones de mantenimiento preventivo o correctivo, tiempos ante diversas averías, etc.
- El parte de trabajo (normalmente portado por los operarios de manera física en papel), debe contener los apartados donde se registren las acciones, que por la especial relevancia, deben ser tratados para la introducción en el contenedor de conocimiento (acciones de cómo se ha resuelto una avería cíclica o no, acciones operativas que inciden en la producción o servicio a prestar, la conveniencia de realizar fotografías, vídeos, etc.), y que será gestionado por los propios operarios y coordinado, formalizado y validado por el gestor del conocimiento designado de la organización de mantenimiento.
- El programa utilizado de administración del mantenimiento, debe tener enlaces, o permitir acceder a él desde el contenedor de mantenimiento, para la consulta de información relevante, tratamiento estadístico de los indicadores, que fomenten de manera fluida el conocimiento de las acciones estratégicas de mantenimiento.

En el tratamiento final administrativo de los partes de mantenimiento, además de rellenar todos los datos de normal gestión de su desempeño, también se introducen las mediciones correspondientes, tanto en el parte de trabajo como en el ordenador, así como, si se ha producido alguna avería o incidencia que quiera hacerse constar para un posterior análisis, por parte del gestor del conocimiento, en trabajo conjunto con los operarios que han introducido sus criterios y experiencia para la realización o ejecución de una incidencia significativa.

En los partes de trabajo, tanto los de revisiones como los de empresa externa, como cualquier otro tipo de parte de trabajo, se refleja de manera descriptiva, no sólo en qué ha consistido la tarea realizada, señalando la máquina ó instalación que ha sido objeto del trabajo, sino que también se indica si ésta ha sufrido algún tipo de incidencia o avería destacable.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.-MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Con esto se lleva un histórico de las averías e incidencias ocurridas en todas y cada una de las máquinas y/o instalaciones de la empresa. Este histórico consiste en una recopilación de todas las incidencias o averías localizadas en cada parte de trabajo, sea éste del tipo que sea, con el fin que formen parte del contenedor de conocimiento.

Empresas Externas y subcontratación.

La subcontratación de servicios técnicos de mantenimiento, muy extendida hoy en día como externalización de los servicios y abaratamiento de costes, no elimina la necesidad de información sobre la actividad histórica desarrollada, la situación actual y las previsiones futuras. Un sistema de información centralizado y basado en el conocimiento y en la experiencia de la planta, se convierte así en un recurso crítico para los técnicos de las empresas externas subcontratadas. En este caso, las características de disponibilidad, accesibilidad, claridad, homogeneidad, fácil interpretación, etc. del conocimiento puesto a disposición, son si cabe más relevantes. Además, con la captura de la experiencia y conocimiento externo, la empresa cuenta con las experiencias operativas, tácticas y estratégicas que le afectan directamente, mitigando la trascendencia que produciría, por ejemplo, el cambio de la subcontrata. De igual manera, las experiencias o trabajos realizados con empresas externas en relación a mantenimiento, quedan como capas de conocimiento a utilizar por la propia organización.

Los Informes Técnicos.

Mucha de la información y conocimiento generado en las funciones de mantenimiento, viene como consecuencia de la planificación de nuevos proyectos, reformas y reestructuración de maquinaria e instalaciones de cualquier índole, informes de viabilidad de soluciones, etc.

Un aspecto importante a la hora de gestionar estos informes, es poseer un único soporte de información suficientemente potente, rápido y ágil para ello, donde se pueda capturar el conocimiento generado y la experiencia para abarcar nuevos retos o basarse en la experiencia acumulada para nuevos procesos de la misma índole.

Recogida de información y datos por métodos cuantitativos:

Los métodos cuantitativos de captura de datos operativos y supervisión de instalaciones y equipamiento del tipo “Scada”, son herramientas comunes utilizadas en el campo de mantenimiento en el entorno de grandes instalaciones (Figura 17).

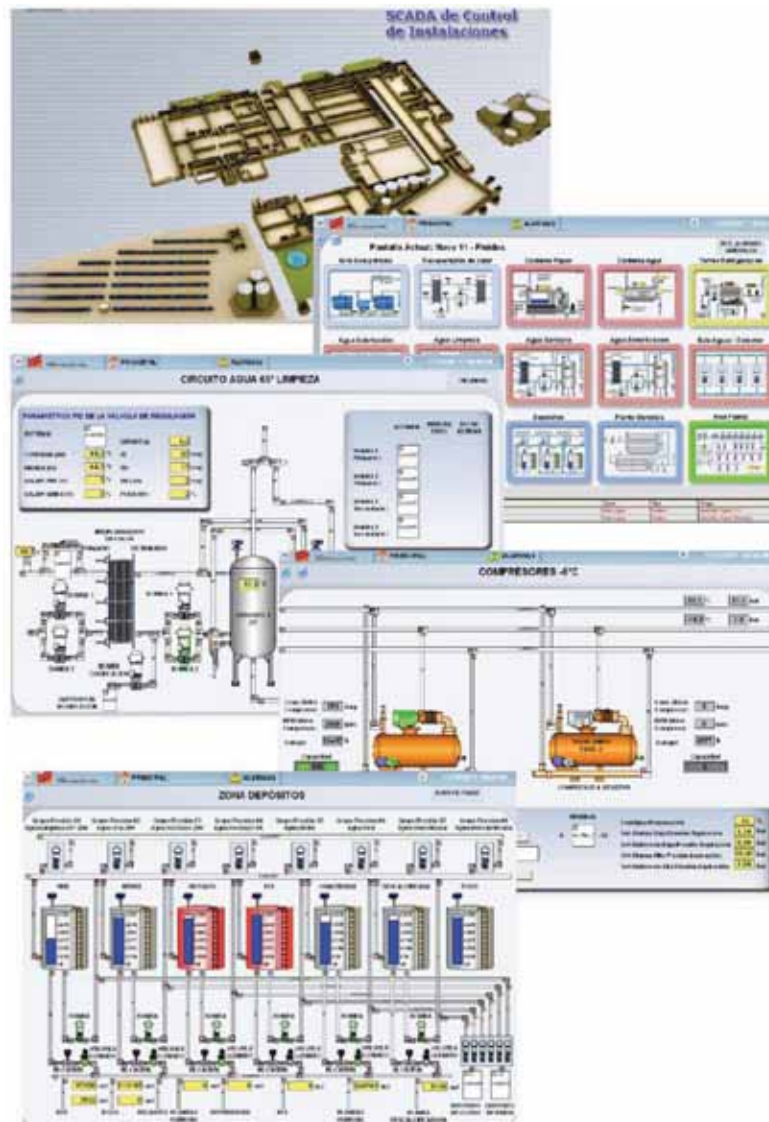


Figura 17: Detalle del sistema de captura y gestión de la información técnica por medio de una aplicación Scada.
Fuente: Elaboración propia.

Estos sistemas de captura y gestión de información técnica de las instalaciones y equipamiento, cuya misión fundamental es el control, visualización, obtención de datos operativos y registro de fallos, que permite tener controlado todos los parámetros fundamentales de las instalaciones y equipos, que optimizan el control de la fiabilidad de las instalaciones, la previsión de los programas de mantenimiento, así como un control y optimización de la eficiencia energética, ofrecen una información relevante sobre el estado técnico de la empresa donde se aplica, y la predisposición hacia la gestión de la información y como consecuencia en su tratamiento y asimilación, conocimiento. Los sistemas scada son de vital importancia en la generación del conocimiento estratégico de la actividad de mantenimiento en empresas con diversas sedes o



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

factorías, dado que las experiencias obtenidas por datos cuantitativos pueden ser extrapoladas al resto de las sedes, produciéndose una sinergia de las mejores prácticas entre los diferentes emplazamientos, produciéndose un conocimiento de crecimiento exponencial entre los diferentes miembros de la organización, facilitando la visión y realización de acciones contrastadas en otros puntos (acciones de fiabilidad, de operación, de mantenibilidad y de eficiencia energética).

b) Los criterios estratégicos y procesos clave en mantenimiento.

Todas las organizaciones deben tener una meta que marquen todos los procesos y estrategias para conseguirlas. El clarificar cuales son los criterios estratégicos, y los procesos clave que llevan a cumplirlos es de vital importancia, y unifica el esfuerzo de gestión de conocimiento en esa dirección. Por ello existe una fase metodológica donde se realiza una revisión general de la organización de mantenimiento que contempla los aspectos estratégicos, de procesos y los de criterios para su valoración y ponderación. Como herramienta se han diseñado unas guías (Figura 18). Con esto se extrae y pondera en función de su importancia, para priorizar la secuencia de análisis, y conocer la información y conocimiento estratégico e identificar los procesos de la organización, establecer los criterios de medición estratégicos e identificar los procesos clave que debe llevar a cabo el área de mantenimiento.

T-2 CRITERIOS GENERALES ESTRATÉGICOS EN LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO CON RESPECTO A LA ORGANIZACIÓN

Nº CRITERIO	DENOMINACIÓN CRITERIO	VALOR IMPORTANCIA	ponderación CUMPLIMIENTO
	A GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO		
	ÁREA/SECCIÓN:		

T-3 CRITERIOS PARTICULARES ESTRATÉGICOS DE CADA ÁREA EN LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO EN RELACIÓN LOS CRITERIOS GENERALES DEFINIDOS

Nº CRITERIO	DENOMINACIÓN CRITERIO PARTICULAR	VALOR IMPORTANCIA	ponderación CUMPLIMIENTO
	A GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO		
	ÁREA/SECCIÓN:		

T-4 IDENTIFICACIÓN PROCESOS CLAVE DENTRO DE ÁREAS DE MANTENIMIENTO

Nº PROCESO	DENOMINACIÓN PROCESO CLAVE	VALOR IMPORTANCIA	ponderación CUMPLIMIENTO
	A GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO		
	ÁREA/SECCIÓN:		

T-5 DESCRIPCIÓN DETALLADA PROCESOS CLAVE DENTRO DE ÁREAS DE MANTENIMIENTO

Nº PROCESO	DENOMINACIÓN PROCESO CLAVE	VALOR IMPORTANCIA	ponderación CUMPLIMIENTO
	DESCRIPCIÓN DETALLADA		

FLUJO ENTRADA INFORMACIÓN/CONOCIMIENTO

FLUJO SALIDA INFORMACIÓN/CONOCIMIENTO

Herramienta T-4: Establecer los procesos clave del mantenimiento que marquen la estrategia de la empresa marcando los factores de éxito con respecto a los objetivos.
Esta herramienta sirve para asignar los procesos clave dentro de cada una de las áreas de mantenimiento de la empresa. Se debe analizar toda la información estratégica de la empresa.
DENOMINACIÓN PROCESO CLAVE: Descripción clara del fin de mantenimiento con respecto a la actividad finalizada de la empresa o sector.
VALOR: Se pondera por parte de los responsables técnicos de la actividad del saber que cada uno de los procesos descritos de acuerdo a su importancia.
ponderación CUMPLIMIENTO: Se valora en una escala de 0 hasta 100, cada uno de los criterios definidos, mediante parámetros de carácter cuantitativo de seguimiento.

Herramienta T-5: Descripción detallada de cada uno de los procesos clave, analizados para cada una de las secciones de mantenimiento. En el caso de procesos complejos se hará caso descripción en detalle y se remitirá a otros documentos complementarios identificados que se remitirá a esta guía principal.
FLUJO ENTRADA INFORMACIÓN/CONOCIMIENTO: Se identifican las características de datos, información, conocimientos **requeridos** para la realización del proceso, así como la localización de esos datos, información, conocimientos **generados** en la realización del proceso, así como la localización de esos datos.

Figura 18: Detalle de guías para detectar los procesos estratégicos de la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Estas guías, nos dan y reafirman una visión general de la organización para conocer su razón de ser y a lo que aspira en un futuro, además, genera un mayor conocimiento de todos los procesos de la organización, y las necesidades conocimiento necesario para llevarlos a cabo (Tabla 2). Cumplimentadas en reuniones con los jefes o directivos de mantenimiento, pasan desde la revisión de los criterios estratégicos de la empresa, donde se clarifica lo que la empresa espera de la organización de mantenimiento (producción eficiente, o servicio con calidad) (Guía T-2), y la ponderación subjetiva sobre su cumplimiento y la importancia de dicho criterio. Del estudio cualitativo realizado, se estableció como criterios estratégicos la fiabilidad, la mantenibilidad para conseguir la disponibilidad requerida, la eficiencia energética y la operación u explotación de las instalaciones y equipamiento; con la guía T-3, se identifican desde todas las áreas de mantenimiento los criterios particulares que motivan el cumplimiento de los criterios estratégicos, y de igual manera se valora el cumplimiento y su ponderación en importancia para conseguir la meta.

DENOMINACIÓN HERRAMIENTA	OBJETIVO	TAREA	VALOR	PONDERACIÓN
HERRAMIENTA T-2: ESTABLECER LOS CRITERIOS GENERALES QUE MARQUEN LA ESTRATEGIA DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO, MARCANDO LOS FACTORES DE ÉXITO CON RESPECTO A LO DEMANDADO POR LA ORGANIZACIÓN O EMPRESA.	Nos servirá para marcar los criterios estratégicos que puede ofrecer la actividad de mantenimiento hacia lo esperado por la empresa, después de analizar toda la información estratégica de la empresa	Descripción clara del fin fundamental de la actividad de mantenimiento con respecto a la actividad fundamental de la empresa u organización	Se ponderará por parte de los responsables técnicos de la actividad de mantenimiento en una escala de 0 hasta 100, del valor que cada uno de los criterios descritos, de acuerdo a su nivel de importancia con respecto a la organización.	Se valora en una escala de 0 hasta 100, la percepción en el nivel de cumplimiento de cada uno de los criterios definidos, mediante parámetros de medición que se establezcan, en referencia a encuestas o indicadores de seguimiento
HERRAMIENTA T-3: ESTABLECER LOS CRITERIOS PARTICULARES DE CADA UNA DE LAS ÁREAS QUE MARQUEN LA ESTRATEGIA DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO, MARCANDO LOS FACTORES DE ÉXITO CON RESPECTO A LO DEMANDADO POR LA ORGANIZACIÓN O EMPRESA.	Nos servirá para marcar los criterios particulares estratégicos de cada área de mantenimiento en relación a los criterios generales definidos por la empresa.	Descripción clara del fin fundamental de la actividad de cada área de mantenimiento con respecto a la actividad fundamental de la empresa u organización.	Se ponderará por parte de los responsables técnicos de la actividad de mantenimiento en una escala de 0 hasta 100, del valor que cada uno de los criterios descritos, de acuerdo a su nivel de importancia con respecto a la organización	Se valora en una escala de 0 hasta 100, la percepción en el nivel de cumplimiento de cada uno de los criterios definidos, mediante parámetros de medición que se establezcan, en referencia a encuestas o indicadores de seguimiento.
HERRAMIENTA T-4: ESTABLECER LOS PROCESOS CLAVE DENTRO DE CADA ÁREA DE ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO QUE MARQUEN LA ESTRATEGIA DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO, MARCANDO LOS FACTORES DE ÉXITO CON RESPECTO A LO DEMANDADO POR LA ORGANIZACIÓN O EMPRESA.	Nos servirá para la identificación de los procesos clave o tareas fundamentales para conseguir el cumplimiento de los criterios estratégicos que tiene asignados la organización de mantenimiento.	Descripción clara del fin fundamental de la actividad de cada área de mantenimiento con respecto a la actividad fundamental de la empresa u organización.	Se ponderará por parte de los responsables técnicos de la actividad de mantenimiento en una escala de 0 hasta 100, del valor que cada uno de los criterios descritos, de acuerdo a su nivel de importancia con respecto a la organización	Se valora en una escala de 0 hasta 100, la percepción en el nivel de cumplimiento de cada uno de los criterios definidos, mediante parámetros de medición que se establezcan, en referencia a encuestas o indicadores de seguimiento
HERRAMIENTA T-5: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA UNO DE LOS PROCESOS CLAVE, ANALIZADOS PARA CADA UNA DE LAS SECCIONES DE MANTENIMIENTO. EN EL CASO DE PROCESOS COMPLEJOS SE HARÁ UNA DESCRIPCIÓN EN DETALLE Y SE REMITIRÁ A OTROS DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS IDENTIFICADOS QUE SE UNIRÁN A ESTA FICHA PRINCIPAL.	Descripción detallada de los diferentes procesos clave. Determinación de la información y conocimiento relevante necesario para su cumplimiento, y determinar el flujo de salida de información/conocimiento de salida para la utilización de todos los miembros de la organización.	FLUJO ENTRADA INFORMACIÓN/ CONOCIMIENTO: Se identifican las características de datos, información, conocimientos requeridos para la realización del proceso, así como la localización de esas fuentes. FLUJO SALIDA INFORMACIÓN/ CONOCIMIENTO: Se identifican las características de datos, información, conocimientos generados en la realización del proceso, así como la localización de esas fuentes	Se ponderará por parte de los responsables técnicos de la actividad de mantenimiento en una escala de 0 hasta 100, del valor que cada uno de los criterios descritos, de acuerdo a su nivel de importancia con respecto a la organización	Se valora en una escala de 0 hasta 100, la percepción en el nivel de cumplimiento de cada uno de los criterios definidos, mediante parámetros de medición que se establezcan, en referencia a encuestas o indicadores de seguimiento

Tabla 2: Características fundamentales de las guías para detectar los procesos clave de la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.- MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Con la guía T-4, se clarifican todos los procesos clave necesarios para el cumplimiento de los criterios particulares estratégicos extraídos en las guías T-3.

A partir de las guías T-5, se realiza una descripción detallada de los diferentes procesos clave. Determinación de la información y conocimiento relevante necesario para su cumplimiento, y determinar el flujo de salida de información/conocimiento de salida para la utilización de todos los miembros de la organización.

Es necesario tener reuniones de trabajo inicial con los responsables de cada área de mantenimiento. Estas reuniones sirven para plantear la importancia de gestionar el conocimiento, que permita identificar los activos de conocimiento y cómo fluye el conocimiento dentro de la organización. Se pueden requerir varias reuniones de trabajo dependiendo del tamaño de la organización, número de personas responsables, áreas involucradas en el proyecto o del alcance del estudio.

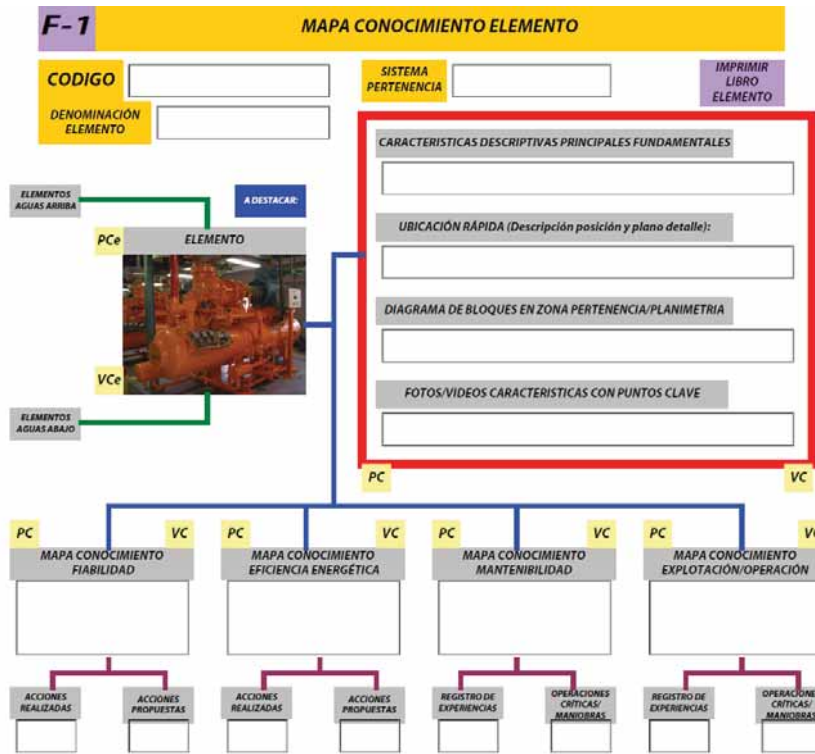
Para identificar los procesos de la organización, hay que analizar la información documental que tenga la organización donde se encuentre todo lo relacionado a sus procesos, forma de realizarlos, entradas, salidas, proveedores de información y clientes directos del proceso, así como el resultado de las auditorías establecidas que marcan los puntos de referencia.

Entre los resultados intangibles que ofrece el completar las guías, destacaremos la información estratégica sobre la misión, visión y estructura de la organización de mantenimiento, que permite una visión estratégica de los mandos de mantenimiento, que permite familiarizarse en los resultados esperados en un proyecto de gestión de conocimiento. Los resultados esperados tangibles en cuanto a los procesos de la organización son: un listado de todos sus procesos, sus responsables y personas participantes en ellos. Los resultados tangibles deberán plasmarse en un documento que contenga dicha información.

El priorizar los procesos clave, no implica que los demás carezcan de interés, dado que un proyecto de gestión de conocimiento en mantenimiento es a largo plazo, nos centraremos primero en los más relevantes en relación al conocimiento que conllevan, y donde, además, se sabe que concentran mayores beneficios para la organización.

c) Los mapas de conocimiento, información y conceptuales en mantenimiento.

Con la información recabada en las tareas anteriores, se realizan los mapas de conocimiento preliminar tomando como base, que el conocimiento y la información estratégica debe estar estructurado desde lo general a lo particular, y teniendo como núcleo centralizador lo que denominamos “elemento” (parte final de la estructuración de conocimiento y que define los subsistemas, sistemas, factorías y empresa) y en función de los cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética (Figura 19).



HERRAMIENTA F-1: MAPA DE CONOCIMIENTO DE ELEMENTO. En esta ficha se explora cada uno de los elementos (maquinaria, instalación, sistema, etc.), viendo toda la información estratégica que ayudara a captar la información explícita que pudiera ser de referencia, así como todo el conocimiento necesario en el ámbito en que se encuentra. Se analizan la información necesaria para realizar un mapa de conocimiento de fiabilidad, eficiencia energética, mantenibilidad y explotación/operación, en lo que le pueda afectar a dicho elemento.
FLUJO ENTRADA INFORMACIÓN/CONOCIMIENTO: Se identifican las características de datos, información, conocimientos requeridos para la realización del proceso, así como la localización de esas fuentes.
FLUJO SALIDA INFORMACIÓN/CONOCIMIENTO: Se identifican las características de datos, información, conocimientos generados en la realización del proceso, así como la localización de esas fuentes.

Figura 19: Estructuración del mapa de conocimiento de un elemento, en función de la información y el conocimiento tácito: Fuente Elaboración propia.

La Gestión del Conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, debe tener como objetivo aumentar la eficiencia de los procesos que desempeña con alta repercusión en la empresa, mediante por medio de la concienciación, compartir, conservar, actualizar y hacer crecer el conocimiento dentro de la organización, con la utilización de estrategias, actividades, herramientas y mecanismos asociados, cuyo objetivo es que se convierta en un activo que genere valor y que refuerce las ventajas competitivas. Es aquí, donde los Mapas de Conocimiento son una herramienta de apoyo a la gestión del conocimiento, que propicia conocimiento, mediante la facilitación de la identificación de interlocutores para interactuar y compartir conocimiento. Así mismo, la forma en que se construye dicho mapa, se concibe como actividades que apoyan la gestión del conocimiento.

Con el mapa de conocimiento se consiguen directorios que facilitan la localización del conocimiento dentro de la organización mediante el desarrollo de guías y listados de personas, o documentos, por áreas de actividad o materias de dominio (Pérez, et al., 2007), y con la utilización de plataformas tecnológicas son expuestos como directorios o gráficos que muestran en dónde se encuentra el conocimiento (Davenport, T. et al. 1998).



Para definir el mapa, se puede usar las preguntas que clarifican lo que debemos buscar y obtener (Tabla 3), como base para la elaboración del mapa preliminar (Figura 20).

PREGUNTA	MISIÓN A DEFINIR	OBJETIVO	META
¿QUÉ?	Tipo de conocimiento	Saber qué hace falta para su completa definición. Saber quién tiene el conocimiento que queremos captar	se identifica el tipo de conocimiento que tiene que ser transferido, y las personas o fuentes desde donde parte
¿POR QUÉ?	Función que realiza en la gestión del conocimiento, y su relación con la actividad de mantenimiento	Identificación y Transferencia del conocimiento	La implicación del conocimiento introducido sobre la organización.
¿PARA QUIEN?	Las personas o grupos hacia los que está dirigido dentro de la organización de mantenimiento	Uso del conocimiento estratégico, con mayor repercusión en la empresa	Establecer las personas o grupos que le darán mayor uso al conocimiento adquirido
¿CUANDO?	La manera en que se realizan las transferencias de conocimiento	Utilización de plataforma tecnológica, fomento de la comunicación y reuniones entre personas	En que situaciones será usado
¿CÓMO?	Formato de visualización	Visualización mediante el contenedor de conocimiento, mapa de conocimiento y archivos anexos	Utilización de una plataforma común.

Tabla 3: Las preguntas para la elaboración del mapa de conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

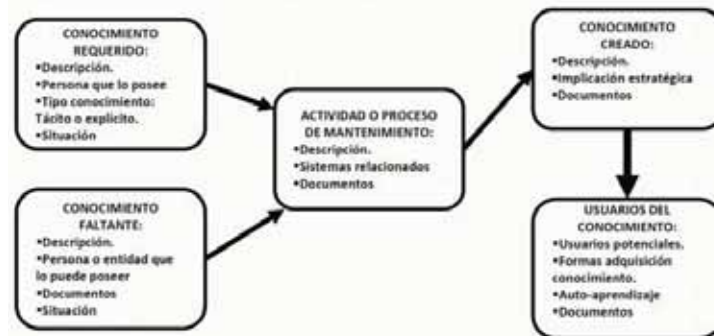


Figura 20: Estructura para la preparación del mapa de conocimiento en función de los procesos o actividades de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Se debe elaborar el mapa de conocimiento de cada proceso clave seleccionado indicando el conocimiento involucrado en dicho proceso y cómo fluye dentro de él, considerando en primer lugar aquellas tareas que tengan un mayor impacto en el proceso clave y jerarquizarlas de acuerdo al impacto con el proceso clave que se está analizando.

Se extrae el conocimiento requerido que se necesita para llevar a cabo la tarea, con una descripción sobre el conocimiento requerido, las personas o entidades que disponen dicho conocimiento, y la característica del conocimiento requerido (tácito o explícito, individual o grupal). Debe indicarse en el mapa cuál es el conocimiento más importante para dicho proceso.

Se debe clarificar el conocimiento Faltante, con la descripción del conocimiento que se considera que hace falta o ayudaría a realizar eficientemente la tarea, y donde se puede encontrar (persona, documento, sistema informático, externo, formación).

Se visualiza el conocimiento generado, como resultado de la creación del mapa y que permite realizar esta tarea más eficientemente.

Describiendo quiénes son los usuarios que más utilizan ese conocimiento y el uso que se le da al conocimiento creado producto de esta tarea, es la otra misión del mapa, ayudando a mejorar los procesos estratégicos de mantenimiento y su uso como auto-aprendizaje de la organización.

Realizando estos procesos en cada proceso clave donde se muestre el conocimiento existente y la manera como fluye dentro de él, muestra unos resultados tangibles que deberán plasmarse en un diagrama que representa el mapa de conocimiento, y la captura de la información en la plataforma tecnológica diseñada para la investigación.

d) Los agentes de gestión del conocimiento en mantenimiento.

La gestión de conocimiento dentro de las actividades de mantenimiento, es un proyecto a largo plazo, variable en el tiempo en función de los recursos disponibles, y basado en la concienciación de todos los miembros humanos de la organización de mantenimiento y de la dirección de la empresa. De ahí la importancia de designar y dar soporte a los agentes humanos que deben guiar y gestionar la adecuada continuidad del sistema. Estos agentes son el gestor de conocimiento de mantenimiento y los coordinadores de gestión de conocimiento.

Gestor de conocimiento en mantenimiento: Debe ser una persona interna de la organización con carácter emprendedor y con amplia experiencia en las funciones de mantenimiento industrial, que conozca de primera mano el desempeño diario de las acciones de mantenimiento, su manera de funcionamiento en el entorno de la empresa, y acostumbrado a utilizar herramientas organizativas e informáticas. Su misión es unificar criterios, normalizar y dar validación al conocimiento introducido e impulsar el sistema que integra la generación, la captación, el almacenamiento, la reutilización y la aplicación del conocimiento en la organización de mantenimiento. Su dedicación puede ser parcial o total, según la predisposición y recursos disponibles, y será interlocutor con todos los órganos que intervienen en el conocimiento estratégico de la organización. Los principales elementos que debe gestionar son:

- El conocimiento introducido y utilizado por las personas operativas de mantenimiento y empresas externas o sub-contratadas.
- Homogenizar el formato y la forma en que se debe introducir el conocimiento y experiencias generadas, y dictaminar si es necesario ampliarlo o modificarlo (nuevas fotos, textos, gráficos, videos, etc)
- Búsqueda de otra información relevante para el asentamiento del conocimiento.
- La ponderación y valoración del conocimiento gestionado, en base a la repercusión en la empresa, y los criterios expresados por los diferentes grupos de mantenimiento.
- La medición del conocimiento estratégico almacenado en función de los ítems introducidos, y coordinar las diferentes islas de conocimiento que se visualicen.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Coordinar los equipos humanos hacia la gestión del conocimiento, eliminar barreras, y relaciones con el cliente final de mantenimiento (el resto de departamentos de la empresa).
- Coordinar las acciones de formación y auto-aprendizaje en base al contenedor de conocimiento.

Coordinadores de conocimiento en mantenimiento: Estas personas de la propia organización, introducidas diariamente en su labor profesional y son los principales observadores de primera línea y con conocimiento de las acciones y experiencias útiles y estratégicas, y con contacto diario con el resto de componentes operativos que captan y operan las instalaciones y equipos que redundan en la eficiencia de los procesos productivos o de servicios que realiza la empresa. La misión del coordinador, es la de ser el interlocutor entre los miembros operativos y el gestor del conocimiento, marcando las tendencias del personal experto, su motivación, el fomento de la utilización de las experiencias hacia el auto-aprendizaje, y detectar las barreras y fomentar los beneficios de la participación en el proyecto de gestión de conocimiento. Pueden designarse tantos coordinadores como áreas o secciones de mantenimiento existan en la empresa (instalaciones, máquinas, sistemas, administración, etc.), siendo su disponibilidad parcial, como parte de sus competencias dentro de su desempeño en la organización.

Pueden designarse asesores o consultores externos, mediante el apoyo de personal muy experto ajeno a la propia organización, cuya misión sea el estructurar, definir las fases de comienzo y auditar los sistemas desde un punto de vista externo, pero de ninguna manera, se debe externalizar el gestor y los agentes del conocimiento definidos, dado que al ser un proyecto a largo plazo, debe ser tomado como parte de la filosofía operativa de la organización (como cualquier filosofía empresarial de gestión de la calidad), que debe ser captada por los propios componentes.

e) La ponderación del conocimiento estratégico en mantenimiento.

Toda la información estratégica, conocimiento del entorno y las experiencias operativas que predominan en el conocimiento tácito en los miembros de mantenimiento, se centran en los mapas de conocimiento de los elementos, que forman los sub-sistemas, que a la vez forman los sistemas, que ellos a la vez definen todo el entorno de las factorías y con ello el conocimiento operativo de la empresa en relación a las acciones estratégicas de mantenimiento que hemos definido que son la fiabilidad, la eficiencia energética, la mantenibilidad y las acciones de operación/explotación.

Todo ello debe introducirse en el contenedor de conocimiento de la organización de mantenimiento y gestionado por una plataforma tecnológica que sirva como base para la captación, generación y utilización de dicho conocimiento estratégico.

No todos los elementos y sistemas influyen de igual manera en las acciones estratégicas, por lo cual mediante reuniones y grupos de discusión, se establece lo que denominaremos el peso del conocimiento del elemento “n”, y el valor del conocimiento introducido del elemento “n”:

Peso del conocimiento (PC): Se fija en función de la incidencia de cada uno de los factores estratégicos, del elemento o sistema considerado, ponderado en función del grado de importancia, del elemento estudiado, en el entorno considerado. Se realiza por un grupo de expertos de la empresa, siendo el peso total 100%.

Valor del conocimiento (VC): en función de cada uno de los factores estratégicos, toman valores del 0% al 100%, en función de los datos y conocimiento introducido.

La ponderación del peso de conocimiento en función de las acciones estratégicas, puede variar de una empresa a otra, en función de la incidencia en sus procesos principales. Para este caso en particular aplicado a una empresa industrial, la ponderación que se hizo, en base a técnicas de consenso mediante reuniones de grupo de expertos, para conseguir un peso total del 100% fue la siguiente:

- Peso conocimiento general (PCG): 20%
- Peso conocimiento fiabilidad (PCF): 30%
- Peso conocimiento ef. energética (PCEE): 20%
- Peso conocimiento mantenibilidad (PCM): 15%
- Peso conocimiento operación/explotación (PCO): 15%

Los valores de conocimiento de cada uno de los factores, se definirán en función del número de ítems que el grupo de expertos de la organización de mantenimiento definan, coordinados con el gestor de conocimiento designado. Cuando se alcancen el número de ítems considerado, el valor de conocimiento (VC), de ese proceso estratégico en relación a ese elemento se considerará el máximo (100%).

Dado que el proyecto de gestión de conocimiento es dinámico, el número de ítems podrá aumentarse o variarse cuando el gestor del conocimiento considere que puede haber datos y conocimiento relevante que es necesario considerar en relación a ese elemento, reajustándose en este caso la valoración de conocimiento de dicho elemento.

Esto nos permite de una manera rápida valorar el conocimiento introducido, en relación a diferentes elementos o sistemas (Puede ser que un sistema se haya introducido un 80% y en otro sólo el 10%), en función de la dedicación de los diferentes equipos de mantenimiento, o el acuerdo de haber comenzado por un sistema determinado.

En apartados siguientes se define el árbol de conocimiento, y se formula con claridad el procedimiento empírico diseñado para el conocimiento estratégico de toda la empresa, en función de los que hemos denominado el árbol y las ramas de conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial.

3.3. FASE 3: Generación, producción y utilización del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, definiendo la plataforma tecnológica que será el contenedor del conocimiento, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la GC a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema. De igual manera, y dado que un proyecto de GC debe ser considerado en un ciclo continuo a lo largo de tiempo, se deben hacer estrategias de medición en relación a la generación y el uso, así como utilizar eventos kaizen que permitan el aprendizaje, y la evaluación del uso.



Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAMT.
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

Se crea nuevo conocimiento mediante la conversión de conocimiento tácito en conocimiento explícito y se identifican dos dimensiones en la creación del conocimiento. La primera en la cual se concibe que el conocimiento es creado por los individuos, donde la organización provee contextos para que ellos creen conocimiento, generando una comunidad de interacción. La segunda dimensión, la epistemológica, en la cual hacen la distinción entre el conocimiento tácito y el explícito (Nonaka, et al., 1995).

Se propone un modelo de creación del conocimiento mediante un proceso dinámico, donde mediante la interacción de los individuos, el conocimiento tácito y el explícito, se intercambia y se transforma. Esto se describe como una espiral del conocimiento (Nonaka, et al., 1995), en la que presentan cuatro modos de conversión (Tabla 4):

- ♦ De conocimiento tácito a conocimiento tácito: Socialización.
- ♦ De conocimiento tácito a conocimiento explícito: Exteriorización.
- ♦ De conocimiento explícito a conocimiento explícito: Combinación.
- ♦ De conocimiento explícito a conocimiento tácito: Interiorización.

En el marco de esta interacción, participa inicialmente el individuo, luego grupos de individuos y finalmente la organización, aportando así al crecimiento de la espiral, mediante la generación y transferencia de conocimiento cada vez más complejo.

Resulta indispensable marcar incentivos o reconocimientos de algún tipo, para motivar a los operarios a compartir y aplicar conocimiento. Algunos estudios, como los de Yahya y Hauschild (Yahya et al., 2002; Hauschild et al., 2001), analizan qué incentivos monetarios y no monetarios se pueden incorporar en el sistema de retribución y evaluación de los empleados para conseguir objetivos de motivación.

MODO DE CONVERSIÓN DEL CONOCIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
SOCIALIZACIÓN	Conversión de conocimiento tácito a conocimiento tácito (principal modo de conversión del conocimiento en la actividad de mantenimiento). Proceso donde se comparten experiencias y se crea conocimiento tácito tal como modelos mentales y habilidades técnicas compartidas. Los individuos también pueden adquirir conocimiento tácito de otros directamente sin utilizar el lenguaje, por lo cual, el conocimiento se asimila a través de la observación, la imitación y la práctica.
EXTERIORIZACIÓN	Conversión de conocimiento tácito a conocimiento explícito. Proceso donde se expresa el conocimiento tácito de manera tal que pueda ser comprendido y utilizado por otros. En este proceso se usan metáforas, analogías, conceptos, hipótesis o modelos para facilitar la explicitación del conocimiento. Considerado como la clave para la creación del conocimiento.
COMBINACIÓN	Conversión de conocimiento explícito en conocimiento explícito. Proceso de sistematización de conceptos dentro de un sistema de conocimiento. Envuelve la combinación de conocimiento explícito existente, para crear conocimiento explícito más complejo. Aquí se hacen claves los procesos de comunicación, difusión y sistematización del conocimiento.
INTERIORIZACIÓN	Conversión de conocimiento explícito en conocimiento tácito. Está relacionado con el aprender haciendo. En este modo de conversión se cierra un ciclo en el que el individuo interioriza nuevo conocimiento, siendo para él nuevo conocimiento tácito y es aquí donde se abre un nuevo ciclo al socializar con otros su conocimiento, con miras a que este conocimiento sea compartido en la organización y se siga creando nuevo conocimiento.

Tabla 4: Modos de conversión del conocimiento según Nonaka. Fuente: (Nonaka, et al., 1995).

a) La plataforma tecnológica (El contenedor del conocimiento).

Con el fin de servir de contenedor y plataforma experimental para la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, se ha diseñado un prototipo informático con soporte sobre Excel de la empresa Microsoft (Figura 21 y 22).

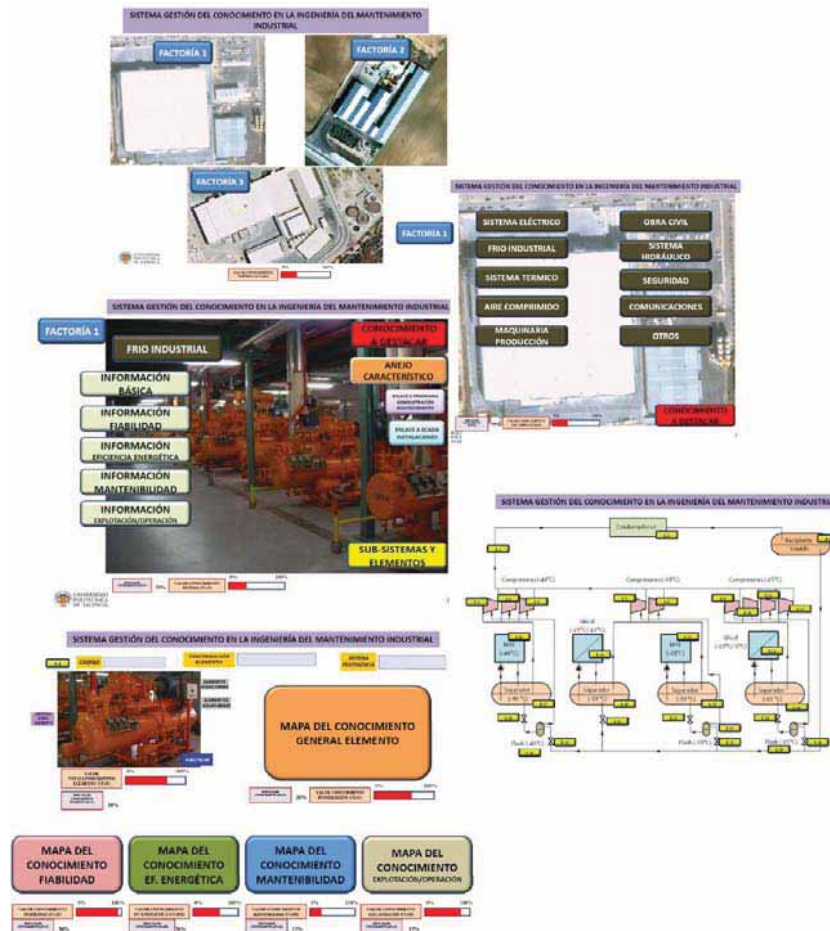


Figura 21: Detalle de pantallas de la plataforma tecnológica para la GC en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Se ha estructurado la plataforma de gestión de conocimiento para mantenimiento para una empresa industrial, con diferentes factorías distribuidas en diferentes puntos geográficos. Cada factoría está distribuida con los diferentes sistemas que conforman las instalaciones y equipos que le dan sustento operativo (electricidad, refrigeración industrial, fluidos térmicos, comunicaciones, obra civil, etc.), cada uno de los sistemas se distribuye según su complejidad en diferentes subsistemas (por ejemplo, en el sistema de frío industrial, se subdivide en compresores, evaporadores, condensadores, circuitos, etc.), y a su vez cada subsistema se divide en los diferentes elementos que son el soporte fundamental de toda la información y conocimiento.

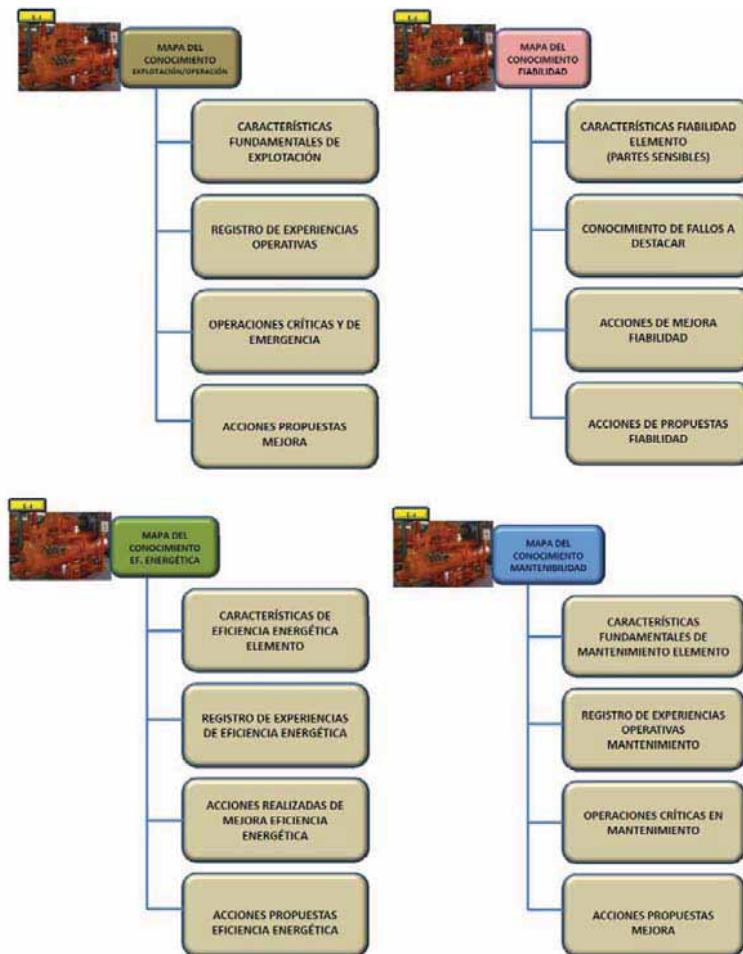


Figura 22: Detalle de pantallas de la plataforma tecnológica para la GC en mantenimiento, según los conocimientos estratégicos. Fuente: Elaboración propia.

En la primera fase de la implantación de datos en la aplicación, se introducen los datos explícitos y cualitativos detectados durante las dos primeras fases definidas del modelo de gestión del conocimiento, en función a la información general que ayuda a posicionarse en el entorno de la factoría o cualquier sistema (mapa de conocimiento general del elemento, sistema, etc.), y en función en los cuatro aspectos estratégicos de mantenimiento en relación a la empresa (Fiabilidad, ef. Energética, mantenibilidad y operación/explotación). Para ello se ha analizado, los cuestionarios de conocimiento, las auditorías de mantenimiento y eficiencia energética, para recabar datos e información relevante con objeto de mejora, se han realizado diagramas de bloques generales de las instalaciones y equipos, los mapas de conocimiento de las diferentes instalaciones y equipos, diagramas de fallo de equipamiento e instalaciones.

De igual manera y con el fin de capturar conocimiento tácito, mediante técnicas cualitativas (reuniones individuales y de grupo, grupos de discusión, técnicas de observación, etc.), donde se documentan experiencias, fallos y maniobras críticas, procesos de mantenimiento y maniobras y procesos para eficiencia y control energético. Todas las reuniones son coordinadas por el gestor

de conocimiento, y dependiendo de las áreas, con los coordinadores de conocimiento. Los datos y conocimiento estratégico son introducidos en la plataforma tecnológica (diagramas de bloques, textos, fotos comentadas, vídeos, procedimientos de mantenimiento, experiencias de los operarios comentadas, etc.). Dado que la gestión del conocimiento es un proyecto dinámico a largo plazo, y normalmente no está dotado de recursos adicionales, se puede empezar por el sistema considerado más crítico, para después ir implementado el resto de sistemas, siempre que exista una continuidad y un compromiso y concienciación de la organización de mantenimiento. Cada uno de los elementos considerados, se ponderará, después de las reuniones con los expertos de cada área de los ítems o extractos de conocimiento que de buen ser introducidos para que dicho mapa de conocimiento de ese elemento tenga un valor del 100% (Por ejemplo en el mapa de conocimiento de fiabilidad del elemento “compresor 8”, se estima en base a la experiencia en 30 ítems para el 100% de conocimiento en esa área estratégica de ese elemento), dicho número podrá ser considerado en cualquier momento, para re-calcular el valor cuando se considere que hacen falta más ítems para conseguir el 100% de conocimiento. Otros elementos podrán tener un número de ítems, superior o inferior en número, para conseguir la saturación de la información y conocimiento estratégico. En todo momento y mediante los algoritmos diseñados en lo que hemos llamado “árbol de conocimiento de mantenimiento”, se puede observar el conocimiento almacenado en un elemento, subsistema, sistema y una factoría, en función del conocimiento general, así como en función de los aspectos estratégicos. A partir de la puesta en marcha de la plataforma tecnológica, el sistema es utilizado por toda la organización de mantenimiento, introduciendo los operarios acciones relevantes producidas, que generan conocimiento y transmisión al resto de sus compañeros. La plataforma debe ser utilizada como sistema de auto-aprendizaje, y usada para la formación y acoplamiento de nuevo personal.

b) El árbol de conocimiento en función de los aspectos estratégicos de mantenimiento.

Definimos los árboles de conocimiento en mantenimiento, como la ponderación y valoración del conocimiento introducido en el contenedor de conocimiento dentro de la plataforma tecnológica, que ayuda de una manera ágil, a la percepción del conocimiento introducido y el que nos falta por obtener, con el objetivo de retener y compartir el conocimiento estratégico que la organización de mantenimiento necesita en sus acciones fundamentales.

El árbol de conocimiento (figura 23) está estructurado en función del conocimiento básico global o general, y las diferentes ramas del árbol que marcan el conocimiento hacia las acciones estratégicas de mantenimiento creciendo desde los elementos, sub-sistemas, sistemas, factorías, hasta formar el conocimiento general estratégico que necesita la empresa en relación a la ingeniería de mantenimiento:

Conocimiento general: Da la visión general que ayuda a posicionarse y entender de manera global y ágil las características de un elemento, sub-sistema, sistema, factoría o empresa.

Rama Conocimiento Fiabilidad: El conocimiento y experiencias en relación a la fiabilidad y resolución de fallos, averías, y propuestas o soluciones para aumentar la fiabilidad que redundan estratégicamente en la empresa.

Rama Conocimiento Eficiencia Energética: El conocimiento y experiencias en relación a la Eficiencia energética y en general los procesos de gestión de la energía para su uso eficiente.

Rama Conocimiento Mantenibilidad: El conocimiento y experiencias en relación a la mantenibilidad y disponibilidad de los equipos e instalaciones, tanto en mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C... MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Rama Conocimiento Operación/Explotación: Aquellas maniobras de explotación u operación de las instalaciones y equipos, que redundan en la mejora operativa de producción o servicios a prestar.

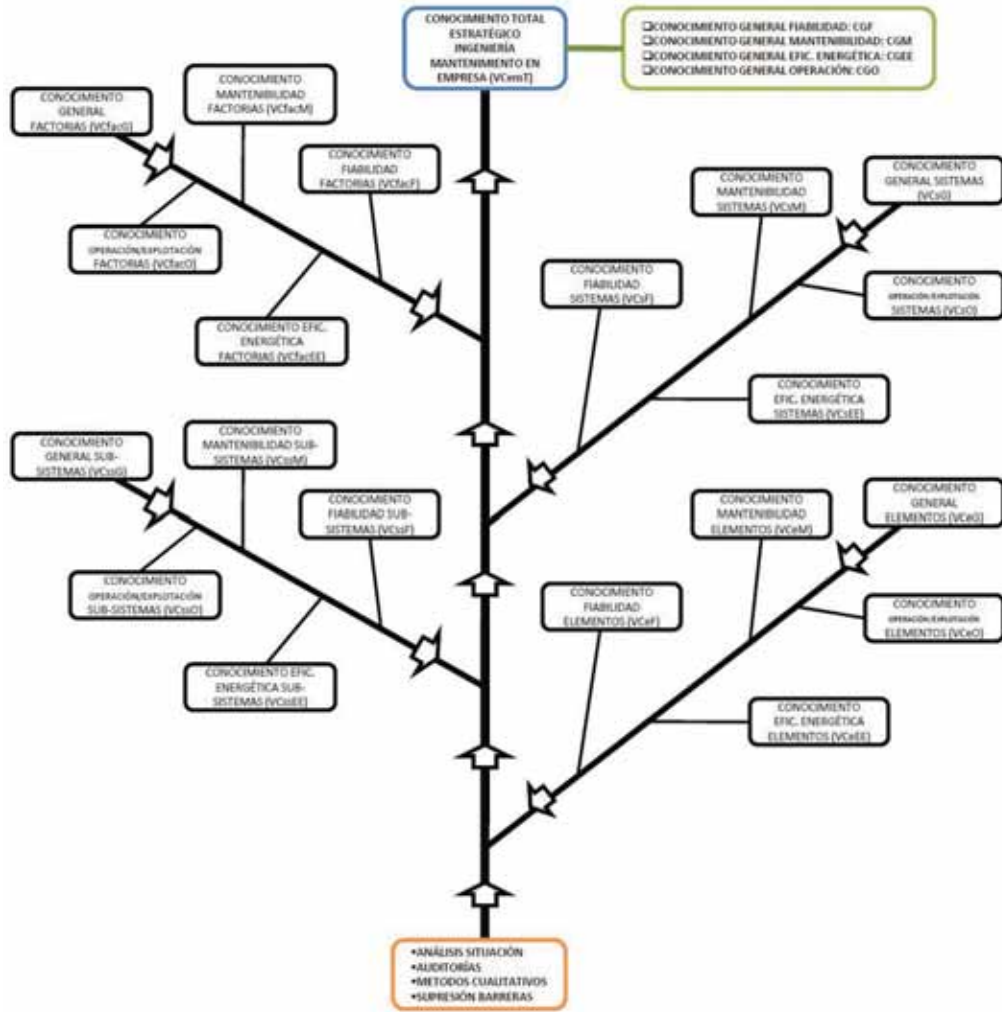


Figura 23: Árbol del conocimiento de la empresa en función de las acciones estratégicas. Fuente: Elaboración propia.

Se ha definido en apartados anteriores lo que definimos como peso de conocimiento (PC) y valor del conocimiento (VC):

Peso del conocimiento (PC): Se fija en función de la incidencia de cada uno de los factores estratégicos, del elemento o sistema considerado, ponderado en función del grado de importancia, del elemento estudiado, en el entorno considerado. Se realiza por un grupo de expertos de la empresa, siendo el peso total 100%.

Valor del conocimiento (VC): en función de cada uno de los factores estratégicos, toman valores del 0% al 100%, en función de los datos y conocimiento introducido.

Cada uno de los componentes del árbol tendrá asignado dos valores, el peso del conocimiento “PC” y el valor del conocimiento “VC”. El primer valor, PC, supone el valor ponderado que representa en todo el sistema del conocimiento del elemento “n” (de elemento, sub-sistema, sistema, factoría, empresa), asignado por el grupo de expertos de mantenimiento de la empresa, en función de la repercusión que supone tener un grado de conocimiento del elemento considerado en función de su repercusión en las acciones estratégicas; El segundo valor, VC, representa el valor asignado del conocimiento del elemento “n”, en función de los datos y conocimiento introducidos hasta ese momento.

Los pesos se deben consensuar entre un grupo de expertos de mantenimiento de la propia empresa, en función de la relevancia que afecta a la empresa el conocimiento que se han considerado estratégico y manejado por los servicios de mantenimiento (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación), así como el conocimiento general, que define el elemento y su entorno, y que ayuda a posicionarse y tener una visión global.

La ponderación del peso de conocimiento en función de las acciones estratégicas, puede variar de una empresa a otra, en función de la incidencia en sus procesos principales. Para este caso en particular aplicado a una empresa industrial del sector alimentario, la ponderación que se hizo, en base a técnicas de consenso mediante reuniones de grupo de expertos, para conseguir un peso total del 100% fue la siguiente:

- Peso conocimiento general (PCG): 20%
- Peso conocimiento fiabilidad (PCF): 30%
- Peso conocimiento ef. energética (PCEE): 20%
- Peso conocimiento mantenibilidad (PCM): 15%
- Peso conocimiento operación/explotación (PCO): 15%

Partiendo desde lo que hemos definido como elementos (partes significativas de un sub-sistema o sistema), se consideran de igual manera las siguientes definiciones:

Las matrices de conocimiento estarán formadas por la introducción de todos los pesos y valores del conocimiento de todos los elementos que forman los sistemas, y que estos a la vez conforman la factoría. Tendrían la forma, en relación a la información y conocimiento general:

$$PCeG = \begin{pmatrix} PCeG_{11} & PCeG_{12} & \dots & PCeG_{1n} \\ PCeG_{21} & PCeG_{22} & \dots & PCeG_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ PCeG_{m1} & PCeG_{m2} & \dots & PCeG_{mn} \end{pmatrix}$$

$$VCeG = \begin{pmatrix} VCeG_{11} & VCeG_{12} & \dots & VCeG_{1n} \\ VCeG_{21} & VCeG_{22} & \dots & VCeG_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ VCeG_{m1} & VCeG_{m2} & \dots & VCeG_{mn} \end{pmatrix}$$

Y en relación a los cuatro tipos de conocimiento estratégico:

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.-MAAMT.
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE

$$PCe = \begin{pmatrix} PCeF_{11} & PCeF_{12} & \dots & PCeF_{1n} & PCeEE_{11} & PCeEE_{12} & \dots & PCeEE_{1n} \\ PCeF_{21} & PCeF_{22} & \dots & PCeF_{2n} & PCeEE_{21} & PCeEE_{22} & \dots & PCeEE_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ PCeF_{m1} & PCeF_{m2} & \dots & PCeF_{mn} & PCeEE_{m1} & PCeEE_{m2} & \dots & PCeEE_{mn} \\ PCeM_{11} & PCeM_{12} & \dots & PCeM_{1n} & PCeO_{11} & PCeO_{12} & \dots & PCeO_{1n} \\ PCeM_{21} & PCeM_{22} & \dots & PCeM_{2n} & PCeO_{21} & PCeO_{22} & \dots & PCeO_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ PCeM_{m1} & PCeM_{m2} & \dots & PCeM_{mn} & PCeO_{m1} & PCeO_{m2} & \dots & PCeO_{mn} \end{pmatrix}$$

$$VCe = \begin{pmatrix} VCeF_{11} & VCeF_{12} & \dots & VCeF_{1n} & VCeEE_{11} & VCeEE_{12} & \dots & VCeEE_{1n} \\ VCeF_{21} & VCeF_{22} & \dots & VCeF_{2n} & VCeEE_{21} & VCeEE_{22} & \dots & VCeEE_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ VCeF_{m1} & VCeF_{m2} & \dots & VCeF_{mn} & VCeEE_{m1} & VCeEE_{m2} & \dots & VCeEE_{mn} \\ VCeM_{11} & VCeM_{12} & \dots & VCeM_{1n} & VCeO_{11} & VCeO_{12} & \dots & VCeO_{1n} \\ VCeM_{21} & VCeM_{22} & \dots & VCeM_{2n} & VCeO_{21} & VCeO_{22} & \dots & VCeO_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ VCeM_{m1} & VCeM_{m2} & \dots & VCeM_{mn} & VCeO_{m1} & VCeO_{m2} & \dots & VCeO_{mn} \end{pmatrix}$$

Cada una de las filas de la matriz, serían los datos de todos los elementos de un sistema determinado.

Teniendo los datos de información y conocimiento de un **elemento**, podremos definir (Ver algoritmo , figura 24):

-Peso del conocimiento total del elemento (PCeT): Ponderado en función de la incidencia del elemento, considerando el número de elementos totales de que está compuesto un sistema determinado. El valor de PCeT, varía entre el 0 y el 100%, siendo la suma de todos los pesos individuales de todos los elementos de un sub-sistema el 100%. Dicho peso queda consensuado por el grupo de expertos.

-Valor del conocimiento total del elemento (VCeT): Ponderado en función de todos los componentes del conocimiento que afectan al elemento, formulado mediante:

$$VCeT = \sum_{\forall i} [PCe_i \times VCe_i]$$

$$VCeT = PCeG \times VCeG + PCeF \times VCeF + PCeEE \times VCeEE + PCeM \times VCeM + PCeO \times VCeO$$

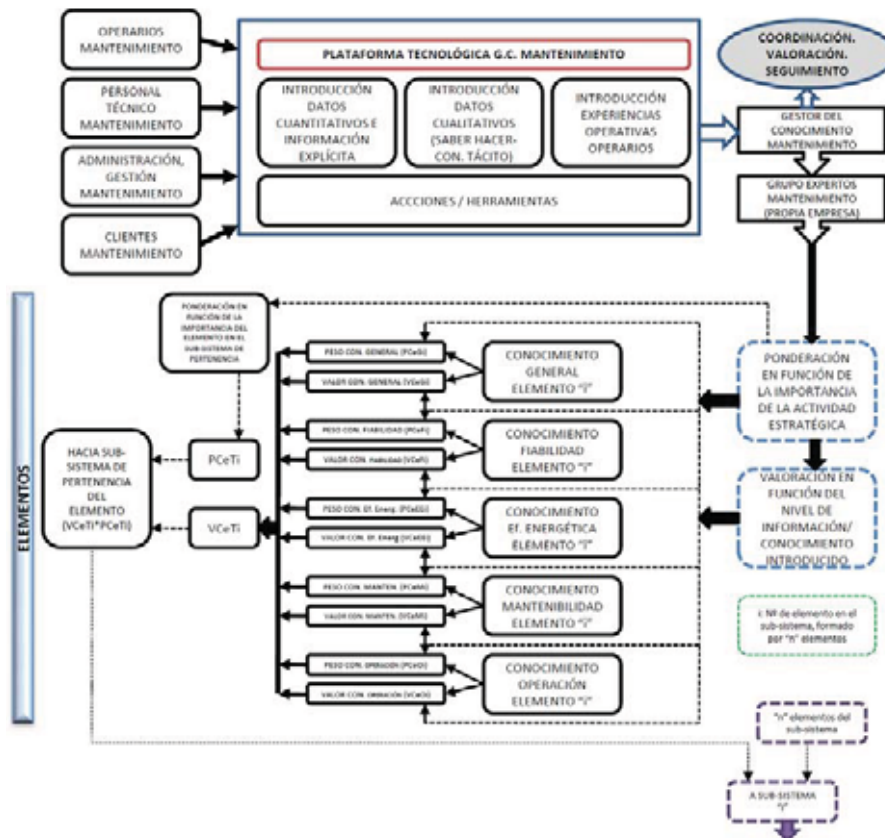


Figura 24: Algoritmo de ponderación y valoración del conocimiento en mantenimiento, fase "elemento". Fuente: Elaboración propia.

Subiendo un nivel sobre los elementos, definiremos el conocimiento en los **sub-sistemas** (Ver algoritmo, figura 25):

-Peso del conocimiento total del sub-sistema (PCsST): Ponderado en función de la incidencia del sub-sistema, considerando el número de sub-sistemas totales de que está compuesto un sistema determinado. El valor de PCsST, varía entre el 0 y el 100%, siendo la suma de todos los pesos individuales de todos los sub-sistemas de un sistema el 100%. Dicho peso queda consensuado por el grupo de expertos.

-Valor del conocimiento total del sub-sistema (VCsST): Ponderado en función de todos los componentes del conocimiento que afectan al sub-sistema, que son el resto de elementos que lo forman, formulado mediante:

$$VCsST = \left[\sum_{\forall i} [PCeTi \times VCeTi] \times 0.9 \right] + VCssi \times 0.1$$

En la fórmula anterior, se pondera en un 90% como máximo lo relacionado con los elementos del sub-sistema, dejándose un 10% para el conocimiento de integración del sub-sistema (VCsSI).

El siguiente nivel de conocimiento serían los **sistemas** (Ver algoritmo, figura 25):



-Peso del conocimiento total del sistema (PCsT): Ponderado en función de la incidencia del sistema considerando el número de sistemas totales de que está compuesto una factoría determinada. El valor de PCsT, varía entre el 0 y el 100%, siendo la suma de todos los pesos individuales de todos los sistemas de una factoría el 100%. Dicho peso queda consensado por el grupo de expertos.

-Valor del conocimiento total del sistema (VCsT): Ponderado en función de todos los componentes del conocimiento que afectan al sistema, que son el resto de sub-sistemas que lo forman, formulado mediante:

$$VCsT = \left[\sum_{\forall i} [PCsT_i \times VCsT_i] \times 0.9 \right] + VCsI \times 0.1$$

En la formula anterior, se pondera en un 90% como máximo lo relacionado con los elementos del sub-sistema, dejándose un 10% para el conocimiento de integración del sistema (VCsI).

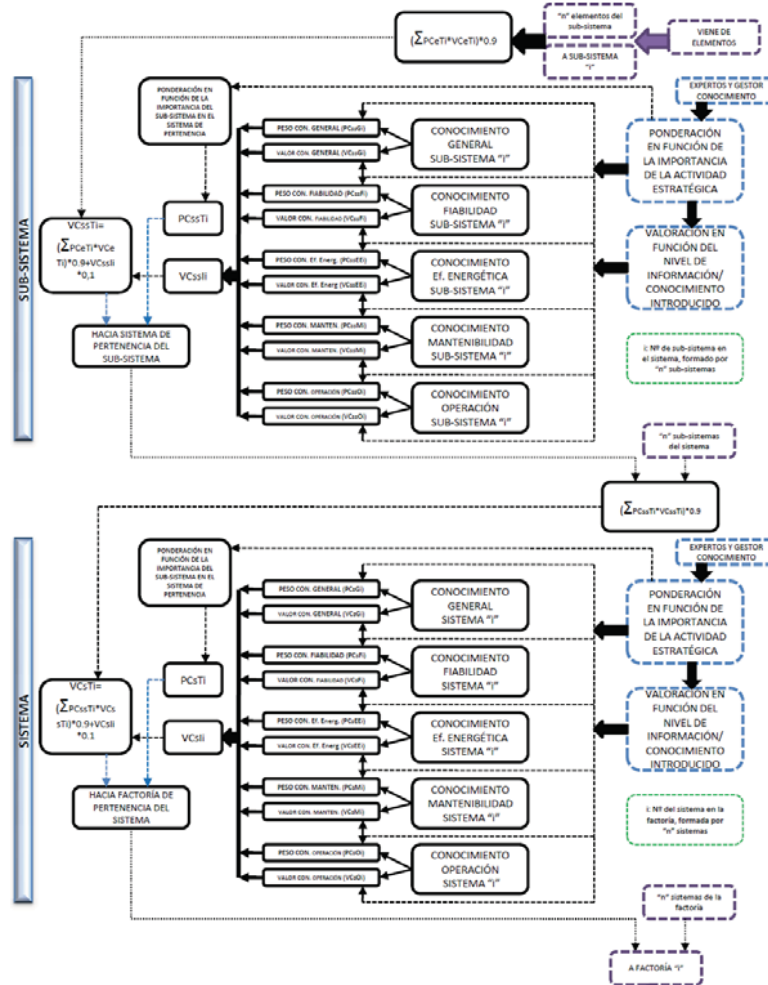


Figura 25: Algoritmo de ponderación y valoración del conocimiento en mantenimiento, fase "sub-sistema y sistema". Fuente: Elaboración propia.

El siguiente nivel de conocimiento serían las **factorías** (Ver algoritmo , figura 26):

-Peso del conocimiento total del sistema (PCfacT): Ponderado en función de la incidencia de la factoría considerando el número de factorías totales de la empresa. El valor de PCST, varía entre el 0 y el 100%, siendo la suma de todos los pesos individuales de todas las factorías de una empresa el 100%. Dicho peso queda consensuado por el grupo de expertos.

-Valor del conocimiento total del sistema (VCfacT): Ponderado en función de todos los componentes del conocimiento que afectan a la factoría, que son el resto de sistemas que lo forman, formulado mediante:

$$VCfacT = \left[\sum_{\forall i} [PCsT_i \times VCsT_i] \times 0.9 \right] + VCfacI_i \times 0.1$$

En la formula anterior, se pondera en un 90% como máximo lo relacionado con los elementos del sistema, dejándose un 10% para el conocimiento de integración de la factoría (VCfacI).

El siguiente nivel final de medición del conocimiento sería la **empresa**, compuesta de “n” factorías (algoritmo , figura 26):

-Peso del conocimiento total del sistema (PCemT): Ponderado en función de las factorías totales de que está compuesto la empresa.

-Valor del conocimiento total de la empresarial sistema (VCsT): Ponderado en función de todos los componentes del conocimiento que afectan al sistema, que son el resto de sub-sistemas que lo forman, formulado mediante:

$$VCemT = \left[\sum_{\forall i} [PCfacT_i \times VCsT_i] \times 0.9 \right] + VCemI_i \times 0.1$$

En la formula anterior, se pondera en un 90% como máximo lo relacionado con las factoría de la empresa, dejándose un 10% para el conocimiento de integración de la empresa (VCemI).

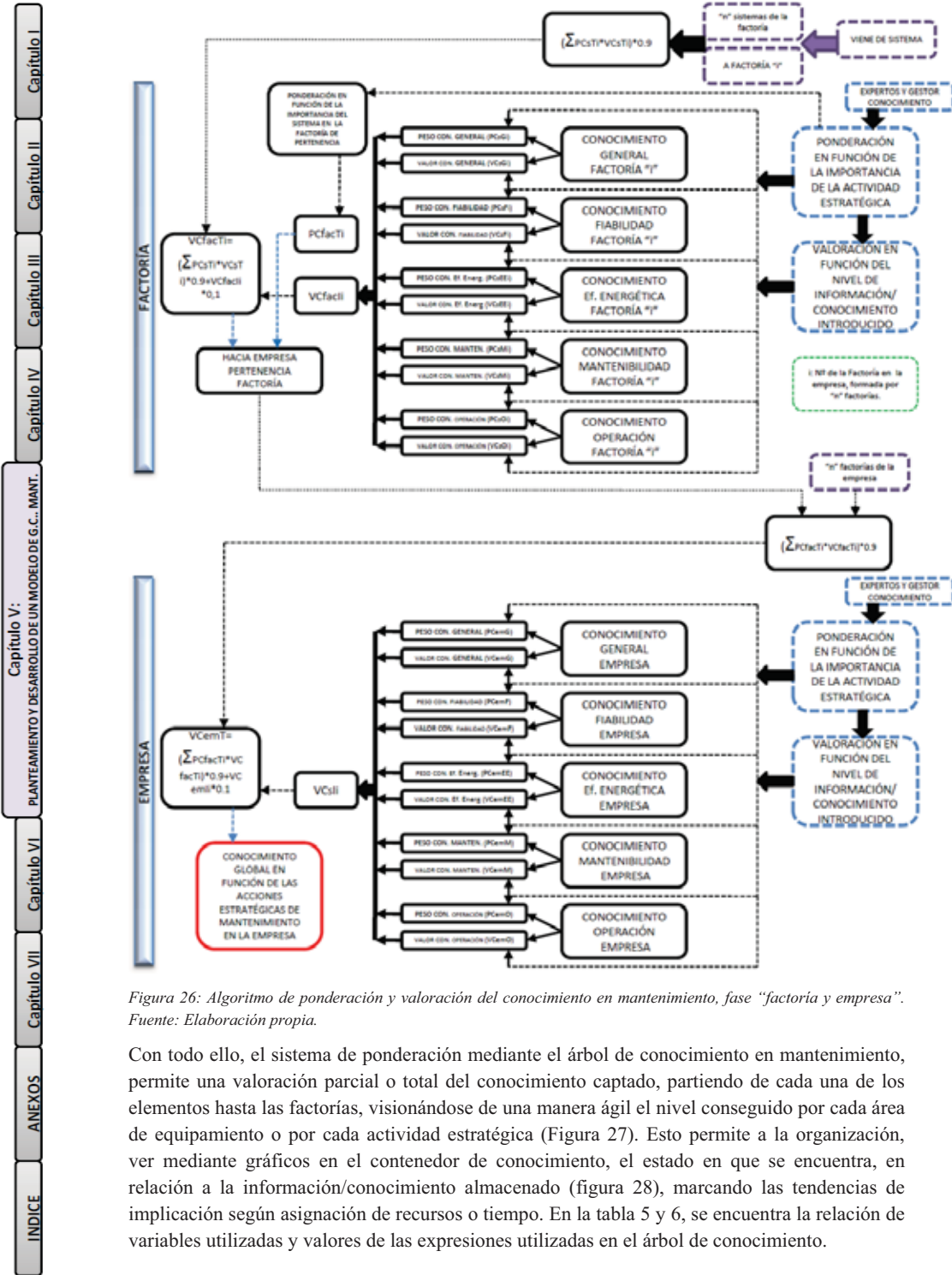


Figura 26: Algoritmo de ponderación y valoración del conocimiento en mantenimiento, fase "factoría y empresa". Fuente: Elaboración propia.

Con todo ello, el sistema de ponderación mediante el árbol de conocimiento en mantenimiento, permite una valoración parcial o total del conocimiento captado, partiendo de cada una de los elementos hasta las factorías, visionándose de una manera ágil el nivel conseguido por cada área de equipamiento o por cada actividad estratégica (Figura 27). Esto permite a la organización, ver mediante gráficos en el contenedor de conocimiento, el estado en que se encuentra, en relación a la información/conocimiento almacenado (figura 28), marcando las tendencias de implicación según asignación de recursos o tiempo. En la tabla 5 y 6, se encuentra la relación de variables utilizadas y valores de las expresiones utilizadas en el árbol de conocimiento.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

TABLA DE DENOMINACIÓN DE VARIABLES DEL ÁRBOL DE CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL (I)		
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR/FORMULACIÓN
$PC_{\beta}G_i$	Peso ponderado del conocimiento estratégico general, en función de la <i>información global</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del tipo de conocimiento estratégico en la empresa. Valor entre 0 y 100%.
$PC_{\beta}F_i$	Peso ponderado del conocimiento estratégico, en función de la información sobre <i>Fiabilidad</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del tipo de conocimiento estratégico en la empresa. Valor entre 0 y 100%.
$PC_{\beta}EE_i$	Peso ponderado del conocimiento estratégico, en función de la información sobre <i>Eficiencia Energética</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del tipo de conocimiento estratégico en la empresa. Valor entre 0 y 100%.
$PC_{\beta}M_i$	Peso ponderado del conocimiento estratégico, en función de la información sobre <i>Mantenibilidad</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del tipo de conocimiento estratégico en la empresa. Valor entre 0 y 100%.
$PC_{\beta}O_i$	Peso ponderado del conocimiento estratégico, en función de la información sobre <i>Operación/Explotación</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del tipo de conocimiento estratégico en la empresa. Valor entre 0 y 100%.
$VC_{\beta}G_i$	Valor introducido del conocimiento estratégico, en función de la <i>información global</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Valorado en función del número de registros de información/conocimiento introducido. Cuando el número de registros sea igual al máximo de registros considerado por el grupo de expertos, toma el valor de 100%.
$VC_{\beta}F_i$	Valor introducido del conocimiento estratégico, en función de la <i>Fiabilidad</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Valorado en función del número de registros de información/conocimiento introducido. Cuando el número de registros sea igual al máximo de registros considerado por el grupo de expertos, toma el valor de 100%.
$VC_{\beta}EE_i$	Valor introducido del conocimiento estratégico, en función de la <i>Eficiencia Energética</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Valorado en función del número de registros de información/conocimiento introducido. Cuando el número de registros sea igual al máximo de registros considerado por el grupo de expertos, toma el valor de 100%.
$VC_{\beta}M_i$	Valor introducido del conocimiento estratégico, en función de la <i>Mantenibilidad</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Valorado en función del número de registros de información/conocimiento introducido. Cuando el número de registros sea igual al máximo de registros considerado por el grupo de expertos, toma el valor de 100%.
$VC_{\beta}O_i$	Valor introducido del conocimiento estratégico, en función de la <i>Operación/Explotación</i> del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Valorado en función del número de registros de información/conocimiento introducido. Cuando el número de registros sea igual al máximo de registros considerado por el grupo de expertos, toma el valor de 100%.
$PC_{\beta}T_i$	Peso del conocimiento total en función de todos los conocimientos estratégicos del elemento, subsistema, sistema o factoría N° "i": (β_i (e= elemento; ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa))	Ponderado por el grupo de expertos de mantenimiento en función de la incidencia del elemento en el conjunto considerado. Valor entre 0 y 100%, repartido entre todos los elementos que componen el sistema.

Tabla 5: Tabla (I) denominación y valores utilizados en el árbol del conocimiento de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



TABLA DE DENOMINACIÓN DE VARIABLES DEL ÁRBOL DE CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL (II)		
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR/FORMULACIÓN
$VC_e T_i$	Valor total del conocimiento del elemento "i", en función de las acciones estratégicas, y el peso de importancia del elemento con respecto al sistema de pertenencia.	$VC_e T_i = \sum_{\forall i} [PC_e i \times VC_e i]$
$VC_{\mu} I_i$	Valor parcial del conocimiento del subsistema, sistema o factoría "i", en función de las acciones estratégicas, y la de importancia con respecto al sistema de pertenencia.: (μ : ss=sub-sistema; s=sistema; fac=factoría; em=empresa)	$VC_{\mu} I_i = \sum_{\forall i} [PC_{\mu} i \times VC_{\mu} i]$
$VC_{ss} T_i$	Valor total del conocimiento del sub-sistema "i", en función del conocimiento de los elementos aguas abajo y el valor de la información del propio sub-sistema.	$VC_{ss} T_i = \left[\sum_{\forall i} [PC_{ss} T_i \times VC_e T_i] \times 0.9 \right] + VC_{ss} I_i \times 0.1$
$VC_s T_i$	Valor total del conocimiento del sistema "i", en función del conocimiento de los sub-sistemas aguas abajo y el valor de la información del propio sistema.	$VC_s T_i = \left[\sum_{\forall i} [PC_{ss} T_i \times VC_{ss} T_i] \times 0.9 \right] + VC_s I_i \times 0.1$
$VC_{fac} T_i$	Valor total del conocimiento de la factoría "i", en función del conocimiento de los sistemas aguas abajo y el valor de la información de la propia factoría.	$VC_{fac} T_i = \left[\sum_{\forall i} [PC_s T_i \times VC_s T_i] \times 0.9 \right] + VC_{fac} I_i \times 0.1$
$VC_{em} T$	Valor total del conocimiento de la empresa , en función del conocimiento de las factorías aguas abajo y el valor de la información de la propia empresa.	$VC_{em} T = \left[\sum_{\forall i} [PC_{fac} T_i \times VC_{fac} T_i] \times 0.9 \right] + VC_{em} I_i \times 0.1$
$CG\Phi_{ss} i$	Valor del conocimiento en relación a la actividad estratégica " Φ " del subsistema , en función del conocimiento de los elementos aguas abajo y el valor de la información del propio sub-sistema: (Φ : F=Fiabilidad; EE=Ef. Energética; M=Mantenibilidad; O=Operación/Explotación)	$CG\Phi_{ss} i = \left[\sum_{\forall i} [PC_e T_i \times VC_e \Phi_i] \times 0.9 \right] + VC_{ss} \Phi_i \times 0.1$
$CG\Phi_s i$	Valor del conocimiento en relación a la actividad estratégica " Φ " del sistema , en función del conocimiento de los sub-sistemas aguas abajo y el valor de la información del propio sistema: (Φ : F=Fiabilidad; EE=Ef. Energética; M=Mantenibilidad; O=Operación/Explotación)	$CG\Phi_s i = \left[\sum_{\forall i} [PC_{ss} T_i \times CG\Phi_{ss} i] \times 0.9 \right] + VC_s \Phi_i \times 0.1$
$CG\Phi_{fac} i$	Valor del conocimiento en relación a la actividad estratégica " Φ " de la factoría , en función del conocimiento de los sistemas aguas abajo y el valor de la información de la propia factoría: (Φ : F=Fiabilidad; EE=Ef. Energética; M=Mantenibilidad; O=Operación/Explotación)	$CG\Phi_{fac} i = \left[\sum_{\forall i} [PC_s T_i \times CG\Phi_s i] \times 0.9 \right] + VC_{fac} \Phi_i \times 0.1$
$CG\Phi_{em} i$	Valor del conocimiento en relación a la actividad estratégica " Φ " de la empresa , en función del conocimiento de las factorías aguas abajo y el valor de la información de la propia empresa: (Φ : F=Fiabilidad; EE=Ef. Energética; M=Mantenibilidad; O=Operación/Explotación)	$CG\Phi_{em} i = \left[\sum_{\forall i} [PC_{fac} T_i \times CG\Phi_{fac} i] \right]$

Tabla 6: Tabla (II) denominación y valores utilizados en el árbol del conocimiento de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

El método de valoración del conocimiento por el árbol, permite un cálculo y una visualización rápida, de la implicación de la empresa en la gestión de la información estratégica y el conocimiento basado en la experiencia y conocimiento tácito introducido por los operarios.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C. MANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C.-MAANT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Permite la introducción de datos según los recursos disponibles, y hacer mayor incidencia, según las necesidades en un área concreta (comenzar, por ejemplo, con el sistema “refrigeración industrial” de una factoría determinada, para continuar en el resto de elementos y sistemas.

c) Estrategias de participación, utilización y auto-aprendizaje.

El éxito de un proyecto de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, depende en gran medida en la concienciación del personal operativo que es el que realmente maneja, de manera tácita, el saber intangible y valioso que es vital para la empresa.

El gestor y los coordinadores del conocimiento designados, juegan una importante misión en el resultado continuo, y la utilización de la plataforma por todos los órganos intervinientes. El comienzo de la plataforma, determina una importante cantidad de recursos (sobre todo en tiempo), dado que requiere las fases cuantitativas y cualitativas que determinen el estado actual en base a la información explícita y las experiencias pasadas captadas mediante técnicas cualitativas. Una vez puesto en marcha, cualquier operario de mantenimiento podrá introducir (dando el visto final el gestor de conocimiento), cualquier experiencia operativa, trabajo de mantenimiento, resolución de avería, etc., deberá ser captado y tratado con la información pertinente (fotos, video, gráficos, etc.), que ayude a cualquier otro operario de esa factoría o de cualquier otra a resolver más eficiente la situación descrita. La plataforma se utiliza periódicamente como sistema de auto-aprendizaje por el propio personal, ayudando a reducir tiempo de acoplamiento de nuevo personal, tener la visión (y hacer como propia) las experiencia captadas por otros compañeros, ser más ágil en la resolución de averías, toma de decisiones y procesos de operación y mantenimiento, etc.

d) Medición y estrategias de mejora.

La medición de la eficiencia de un modelo de gestión del conocimiento, parte de la complejidad de medir un activo intangible y referente a un grupo de actividad humano. En la presente investigación realizada durante un periodo de dos años en una empresa del sector industrial con diferentes factorías de producción, se recopilaron datos objetivos sobre diferentes indicadores que sirvieran para marcar la evolución de un sistema de gestión del conocimiento en mantenimiento. Los indicadores más evidentes objetivos que se tomaron fueron los siguientes:

- Tiempo de acoplamiento de nuevo personal de mantenimiento.
- Tiempo de resolución de fallos históricos o recurrentes.
- Tiempo de resolución de averías no cíclicas.
- Tiempo de acciones de mantenimiento preventivo.
- Tiempo de maniobras de operación de maquinaria e instalaciones.
- Nº de acciones de mejora en de eficiencia energética.
- Tiempo medio entre fallos MTBF.
- Tiempo medio de reparación MTTR.
- Medición de la energía consumida.

De igual manera es preciso realizar mediciones sobre el uso de la plataforma tecnológica para la GC:

- Uso de la plataforma por operario.
- Items introducidos por periodo de tiempo determinado.

-Tiempo utilizado para auto-aprendizaje por empleado.

La utilización de los algoritmos mostrados en la valoración del árbol del conocimiento de mantenimiento, permite la medición y valoración del conocimiento en la plataforma, orientando de una manera precisa, nuevas estrategias de intensificación de captación de información/conocimiento, así como detectar posibles barreras de colaboración de los equipos operativos de las diferentes secciones de mantenimiento.

Así mismo la utilización de eventos Kaizen, planteados como herramientas para la medición, visualización, captura, aprendizaje y utilización del conocimiento gestionado (Rees et al., 2009), mediante acciones periódicas con diferentes grupos de mantenimiento, constatando con su aplicación los resultados asociados a las variables que se han establecido en los criterios de desempeño, y detectando diferentes estrategias de mejora y detección de barreras que se plantean en un proceso dinámico que debe ser un modelo de gestión del conocimiento.

Los eventos Kaizen, herramienta frecuente en los círculos de calidad, y cuyo origen parecen estar en la segunda guerra mundial (Huntzinger 2002), puede ser variados, utilizados como planeamientos de actividades para identificar que procesos sistemáticamente ocultan desperdicios y eliminarlos, mejorar actividades y respuesta de los operarios ante situaciones no previstas, y mejorar acciones que redunden en todas las acciones estratégicas de mantenimiento como la mejora de la fiabilidad y la mantenibilidad, la eficiencia energética y los trabajos habituales de explotación de instalaciones.

4. Discusión y resultados

La aplicación de un modelo de gestión de conocimiento en la ingeniería de mantenimiento, es un proyecto complejo, que necesita la sinergia de varios factores para su aplicación inicial. La implicación de la dirección, la fijación de objetivos, la necesidad de un gestor de conocimiento en mantenimiento, la implicación y concienciación de los operarios, y dotar de los recursos necesarios, son piezas fundamentales para el éxito del proyecto.

La implicación de los operarios y los técnicos de mantenimiento es un facilitador y condición indispensable, en un proceso que podríamos definir en mejora continua. Por propia definición de mejora continua los operarios deben participar en el proceso y sin ello, no se puede llevar a cabo su realización (Jorgensen et al., 2003).

La existencia del gestor de gestión del conocimiento, es vital para la continuidad del proyecto, que normalmente y por la propias características de los servicios de mantenimiento (recursos muy restringidos), hace que no se pueda dedicar a tiempo completo a dicha tarea. Se hace necesaria una estricta división de funciones y tiempo para este líder que deba encargarse de ello, de modo que la actividad principal en mantenimiento no le impida desarrollar su trabajo en el proyecto de gestión de conocimiento.

La implicación de los operarios, que son los que principalmente realimentan y sustentan el modelo, se puede conseguir de diferentes maneras, comenzando con la concienciación, siendo recomendable tener incentivos. Una vez conseguido el cambio cultural, la sostenibilidad del sistema se puede considerar continua.

De igual manera, la implicación de la dirección es decisiva en la implantación y sostenibilidad del modelo, pero dicha implicación, debe variar a lo largo del tiempo. En las fases 1 y 2 del desarrollo del modelo de GC, la implicación debe estar basada en la dotación de recursos y el impulso hacia el desarrollo de la concienciación y la fijación de una nueva cultura. A partir de la fase 3, los esfuerzos deben estar dirigidos fundamentalmente hacia el enlace y seguimiento de



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

los objetivos estratégicos de la empresa, sin olvidar que la implicación de los operarios debe seguir estando presente.

La implantación sólo puede ser realizada con un esfuerzo importante por parte de toda la organización de mantenimiento de la empresa y, por tanto, ésta no puede estar metida de lleno en una estrategia de crecimiento desmesurado ya que los recursos, tanto materiales como personales deberían ser muy elevados, propiciando en un momento dado su abandono. Es decir, el desarrollo de un modelo de GC únicamente puede ser iniciada y estabilizada en situaciones de crecimiento sostenido. Sólo cuando la cultura y la concienciación este consolidada, acelera los procesos de generación, transferencia y utilización del conocimiento, que repercuten en las acciones tácticas del mantenimiento industrial.

De la aplicación del modelo expuesto a una compañía del sector industrial, de primer nivel dedicada al sector agro-alimentario con una plantilla total de 1137 empleados distribuida en tres sedes y un grupo de mantenimiento formado por 230 personas, se han podido observar las siguientes consideraciones:

La fase I, lleva de por sí implícito que se ha vencido una de las principales barreras, que es la concienciación en los órganos de dirección del mantenimiento, sobre la importancia y beneficios que puede conllevar a la propia organización.

Con la utilización de cuestionarios preparados, se observaron las características principales de comunicación y relación de la propia organización de mantenimiento, normalmente basada en procesos informales (reuniones informales o de pasillo, comunicación telefónica, partes sin detalle, etc), así como detectar las principales barreras que se detectan (rechazo al cambio, miedo a explicitar el propio conocimiento tácito, etc.), con ello se plantean una serie de sesiones de concienciación y explicación al personal operativo de lo esperado con un proyecto de GC y los beneficios que supone para las personas y para toda la organización (conocimiento colectivo, mayor capacidad de aprendizaje compartiendo el conocimiento, tener capacidad de decisión ante acciones no previstas, etc.)

Las auditorías de mantenimiento y eficiencia energética, sirvieron para extraer conocimiento nuevo sobre acciones de mejora, conocer acciones simples que podían repercutir para mejorar en gran medida los procesos de mantenimiento y eficiencia energética, y cuantificar procesos y acciones conocidas y que sin embargo suponían un gran coste energético, por no saber su valoración.

La fase II, requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articular la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento, siendo la etapa más intensa de trabajo y donde se asienta la mayoría del conocimiento estratégico.

El conocimiento debe estar estructurado desde lo general a lo particular teniendo en cuenta la disposición del árbol de conocimiento de las infraestructuras de la compañía (elementos, subsistemas, sistemas, factorías) y en función de los cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética.

Mediantes técnicas cualitativas, se capturó acciones estratégicas y el mejor saber-hacer, basado en la experiencia propia de los empleados (conocimiento tácito). Todo debía documentarse de

una manera esquemática, concisa y clara, con la utilización de fotografías, videos, planos, diagramas de bloques, que ayudaran a entender la acción por cualquier otro operario que no hubiera vivido dicha experiencia.

Los anejos característicos en combinación con los mapas de información/conocimiento, fueron una gran herramienta para asentar la información explícita útil y de relevancia. Estos estarán diseñados como un libro del conocimiento resumido, puntual y ágil en donde estén recogidos los datos técnicos, operativos, de entorno y experiencias de un sistema determinado, con el fin de conseguir un profundo conocimiento del sistema determinado, y en base a ello, sea base fundamental para el auto-aprendizaje de todos los miembros operativos de mantenimiento. Permitted el aligeramiento y aglutinar la planimetría de mayor incidencia (diagramas de bloques y estructuración para su uso práctico), los diagramas de fallo característicos, estructuración y revisión de los partes de trabajo propios y de empresas externas, los informes técnicos con especial relevancia para el conocimiento, y la información sobre datos y mediciones cuantitativas que se pueden recabar mediante herramientas scada de monitorización de las instalaciones.

Las guías de criterios estratégicos, marcaron la tendencia y orientación del trabajo hacia donde debe tender la organización de mantenimiento, priorizando lo que espera la empresa de mantenimiento, y lo que debe hacer en mayor intensidad mantenimiento para conseguir los objetivos.

El desempeño del gestor y los coordinadores de conocimiento, marcan el éxito de la continuidad del modelo de GC, unificando criterios, normalizando y validando el conocimiento introducido e impulsando el sistema que integra la generación, la captación, el almacenamiento, la reutilización y la aplicación del conocimiento en la organización de mantenimiento, venciendo las barreras de las reticencias observadas entre el equipo humano operativo, y coordinando el grupo de expertos dentro de la propia organización que ponderarán el peso de las acciones estratégicas y la cantidad de ítems de información por elemento, que marcarán el valor del nivel de conocimiento introducido.

La fase III, produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, definiendo la plataforma tecnológica que será el contenedor del conocimiento, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas.

Mediante los algoritmos de medición del conocimiento estratégico de mantenimiento, se consigue una estimación rápida y sencilla del estado del contenedor de conocimiento (figura 29), líneas de acciones y mejora, marcando los radares visuales de conocimiento del elemento, sistema, etc. (figura 30).

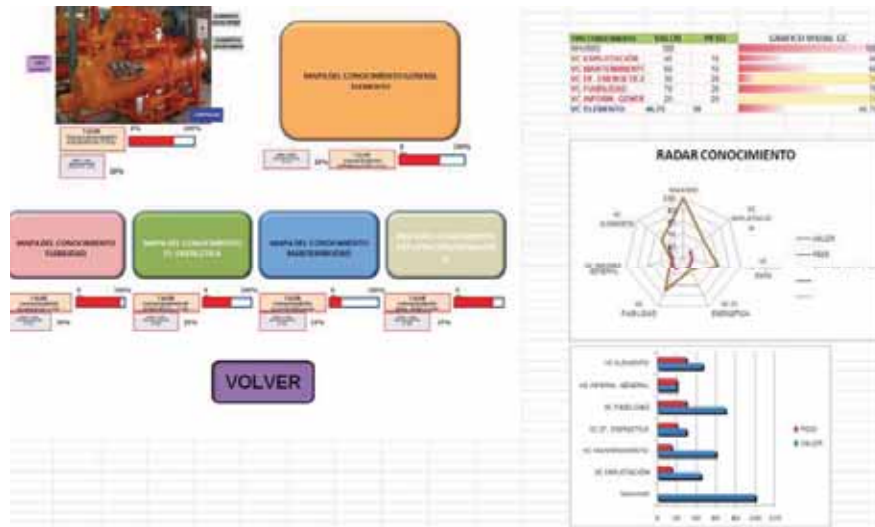


Figura 29: Imagen de pantalla de la plataforma tecnológica de GC, con la visión del radar de conocimiento de un elemento. Fuente: Elaboración propia.

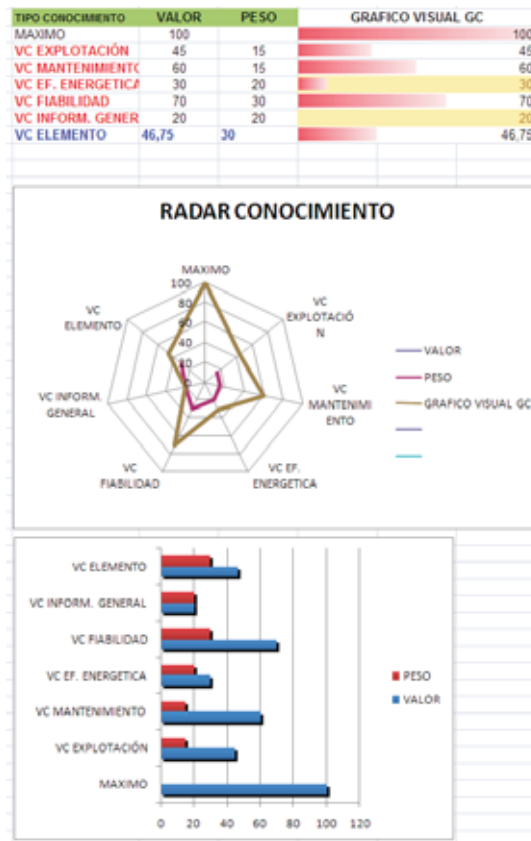


Figura 30: Radar del conocimiento de un elemento determinado en función del conocimiento estratégico. Fuente: Elaboración propia.

Tras un periodo de uso de utilización del modelo de GC en la actividad de mantenimiento, se observó de una manera significativa la mejora en las acciones de mantenimiento. En la tabla 7, se muestran algunas de las acciones contrastadas (de las miles que pueden darse dentro de sus actividades). Esto se visionó, tomando como indicador las medidas anteriores a la puesta en marcha de acciones de GC, y la medición tras un periodo de aplicación de seis meses, en donde se observa la reducción de tiempo en acoplamiento de nuevo personal (44%), así como la mejora en la realización de otras acciones de relevancia.

ACCIONES MONITORIZADAS	MEDIA MEDIDA ANTERIOR	MEDIA MEDIDA TRAS PERIODO GC. (6 MESES)	%MEJORA	Ud. Medida
1-TIEMPO ACOPLAMIENTO NUEVO PERSONAL	41	23	44%	Semanas
2- AVERÍA CORRECTIVA	1,45	1,15	21%	Horas
3- MANTENIMIENTO PREV. COMPRESOR	3,2	2,6	19%	Horas
4-MANIOMBRA OPERACIÓN EQUIPOS PRODUCCIÓN	4	3,5	13%	Minutos
5-MANIOBRA REDES ALTA TENSIÓN	8	5	38%	Minutos
6-TIEMPO PARADAS PRODUCCIÓN/día	23	18	22%	Minutos



Tabla 7: Mejora de diversas acciones tácticas por introducción de técnicas de GC. Fuente: Elaboración propia.

Esta mejora en las acciones de desempeño habitual de mantenimiento, no sólo influyen en hacer más eficiente el servicio y reducción de costes directos dentro de la organización de mantenimiento, sino también, el efecto cascada de cualquier acción mejorada, que repercute en el resto de departamentos de la empresa (cada minuto de reducción de parada, por ejemplo, repercute en parada de todo el personal de producción involucrado, y la pérdida de un tiempo importante de fabricación u otras incidencias colaterales), con unos costes importantes.

De igual manera, con la adopción de un modelo de GC en mantenimiento se consiguieron otras ventajas de medición más subjetiva, como son la mejora en los procesos de trabajo en grupo, mayor implicación y motivación de los operarios, concienciación de las acciones e importancia de la eficiencia energética, y mayor sentido de la seguridad ante decisiones y acciones no cíclicas por parte de los operarios de mantenimiento, así como la detección y previsión de



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

averías y maniobras de emergencia, que con su eliminación supondría acotar costes económicos de dimensiones importantes, que sólo por ello justificaría el esfuerzo en tiempo y económico que supone a la empresa el plantear un modelo de GC.

5. Conclusiones

El presente artículo pretende dotar a los responsables de mantenimiento y en general a los directivos de una empresa de un modelo de GC en su aplicación directa a la organización de mantenimiento de la empresa, donde existe un alto componente de experiencia y conocimiento tácito que está implícito en la mayor parte de sus acciones, y que dificulta su transferencia. Este modelo permite a las empresas conocer que aspectos deben tener en cuenta para implantar y sostener un proyecto de gestión de conocimiento en las actividades normalmente asignadas a la organización de mantenimiento. Además el artículo ayuda a las empresas a identificar los elementos y procesos claves para poder mejorar sus servicios de mantenimiento y facilitar la extensión de la misma a todas las áreas de la empresa.

Las principales contribuciones de la investigación que se presentan en este artículo y permiten extender el conocimiento en las acciones de mantenimiento y la gestión de su conocimiento operativo, son:

- Se resumen los principales factores que marcan la relevancia de la gestión del conocimiento que influyen en las acciones tácticas de mantenimiento, indicando los principales facilitadores/barreras, que influyen en la puesta en marcha de un proyecto de GC en la ingeniería de mantenimiento (implicación de la dirección y estrategias, implicación de los trabajadores, estrategias de aprendizaje, necesidad de definir y medir acciones estratégicas, , motivación de los trabajadores, recursos, ...).
- Se muestra un modelo de GC basado en las actividades estratégicas que tiene asignado la organización de mantenimiento (Fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación de instalaciones), que permite un conocimiento profundo y estratificado, con el uso de herramientas como las auditorías técnicas y el aligeramiento de la información explícita.
- Se define los beneficios y características fundamentales de la herramienta “anejos características” , como parte fundamental en la sustentación y filtrado de la documentación explícita , que en forma de manuales, planos, registros, mediciones, partes de trabajo, etc., suponen en muchas ocasiones en las organizaciones de mantenimiento una selva de difícil paso y almacenada en armarios y archivadores consultados en escasas ocasiones.
- Se identifica el facilitador “gestor y coordinador del conocimiento en mantenimiento”, como actores fundamentales para dar continuidad e impulsar el modelo de gestión de conocimiento.
- Con el árbol del conocimiento de mantenimiento, se muestra un método de ponderación y valoración de todo el conocimiento e información estratégica introducida y almacenada en la plataforma tecnológica, y que permite visualizar de una manera sencilla y ágil los recursos almacenados, y marcar acciones de seguimiento y estructuración de los trabajos hacia las diferentes sistemas de la factoría.

Este modelo planteado está siendo aplicado a una organización de mantenimiento industrial de una empresa industrial del sector alimentario. Esta es la principal limitación del estudio, dado que el modelo no puede generalizarse a cualquier tipo de empresa, sin adaptar y estudiar previamente la incidencia de las acciones estratégicas de mantenimiento en otros sectores y

regiones. Por ello, se considera adecuado que en investigaciones futuras se contraste si los resultados de esta investigación son también representativos en otros sectores o países.

La principal limitación de este estudio está en que la empresa donde se ha investigado y modelado la implantación del modelo planteado, pertenece al sector industrial alimentario, con diversas factorías a nivel nacional. Los autores piensan que el resultado es extensible a otros sectores y otros ámbitos territoriales, dado que aunque las instalaciones y los procesos productivos pueden variar de una empresa a otra, la esencia de las acciones estratégicas de mantenimiento están presentes en todas ellas, aunque con otra posible ponderación de su incidencia, diferente a la planteada en este estudio.

Debido a esto, los autores piensan que el resultado de la investigación puede ser generalizable a diferentes sectores y no sólo al sector alimentario. Este modelo en sectores de servicios como pueden ser el de infraestructuras hoteleras, grandes centros comerciales, empresas de distribución de energía eléctrica o distribución de agua sanitaria, etc., podría ser adaptado, teniendo en cuenta el desempeño del sector tratado.

Sería conveniente también, continuar con la línea de investigación realizando un análisis cuantitativo que permita validar los resultados cualitativos del presente estudio, tanto en el alimentario, como en otros sectores.

6. Referencias

- Adán, I. (2004). Los estilos de aprendizaje en el desarrollo de la orientación y la tutorial. I Congreso Internacional de Estilos de Aprendizaje, UNED. Madrid.
- Aem, (2010). Asociación española de mantenimiento; "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- Alonso, C.M., Gallego, D.J. y Honey, P. (1994). Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Ed. Mensajero. Bilbao.
- Bateman, N.; Rich, N. (2003): Companies perceptions of inhibitors and enablers for process improvement activities. International Journal of Operations & Production Management, 23 (2): 185.
- Bhatt, G. D. (2002). Management strategies for individual knowledge and organizational knowledge. Journal of Knowledge Management, 6(1), 31-39.
- Bueno, E. (2002): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en La Sociedad del Conocimiento, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.
- Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Coakes, E., Amar, A.D., and Luisa Granados, M.L. (2010). "Knowledge management, strategy, and technology: a global snapshot", Journal of Enterprise Information Management, Vol. 23, No. 3, pp 282 – 304.
- COVENIM 2500-93. (1993). Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria. 1ª Revisión. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de fomento. 1993. FONDONORMA: Caracas.
- Davenport, T., Prusak, L. (1998). Working Knowledge. How organizations manage what they know. Boston; Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Desouza K, and Evaristo R. (2003). Global knowledge management strategies. European Management Journal, Vol. 21, No. 1, pp 62–67.
- Gargallo, B., Suárez-rodíguez, J. M., Pérez-pérez, C. (2009). El cuestionario CEVEAPEU. Un instrumento para la evaluación de las estrategias de aprendizaje de los estudiantes universitarios. RELIEVE, v. 15, n. 2, p. 1-31. http://www.uv.es/RELIEVE/v15n2/RELIEVEv15n2_5.htm.
- Halawi L, Aronson J and McCarthy R. (2005) "Resource-Based View of Knowledge Management for Competitive Advantage" The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 3 Issue 2, pp 75-86, available online at www.ejkm.com.
- Hauschild, S.; Licht, T.; Stein, W. (2001). «Creating a knowledge culture». The McKinsey Quarterly, 1, pp. 74-81.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V: PLANTEAMIENTO Y DESARROLLO DE UN MODELO DE G.C., MAINT.
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

- Huntzinger, J., (2002). The Roots of Lean.Training Within Industry: The Origen of Kaizen, Association for manufacturing Excellence, 18, N°2.
- Ine, (2008). Instituto nacional de estadística; “Panorámica de la industria”, INE, Madrid.
- Jackson, M. (2005) "Reflections on knowledge management from a critical systems perspective", Knowledge Management Research and Practice, Vol 3, No. 4, pp187-196.
- Jennex, M.E. and Olfman, L. (2006). A Model of Knowledge Management Success, International Journal of Knowledge Management, Vol. 2, No. 3, pp 51-68.
- Jorgensen, F.; Boer, H.; Gertsen, F. (2003): Jump-Starting Continuous Improvement Through Self-Assessment. International Journal of Operations & Production Management, 23 (10): 1260-1278.
- Kalkan, V.J. (2008) An overall view of knowledge management challenges for global business, Business Process Management Journal, Vol. 14, No. 3, pp 390-400.
- Lehner, F. and Haas, N. (2010). Knowledge Management Success Factors – Proposal of an Empirical Research, Electronic Journal of Knowledge Management Vol. 8, No. 1, pp 79– 90.
- Lugger, K. and Kraus, H. (2001). Mastering Human barriers in Knowledge Management, Journal of Universal Computer Science Vol. 7, No. 6, pp 488-497.
- Minonne, C and Turner, G. (2009). “Evaluating Knowledge Management Performance” Electronic Journal of Knowledge Management Volume 7 Issue 5 (pp583 - 592), available online at www.ejkm.com.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). La Organización Creadora de Conocimiento. Oxford. México.
- Nonaka, I., Takeuchi, N. (1995). The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Pawlowski, J and Bick, M. (2012). The Global Knowledge Management Framework: Towards a Theory for Knowledge Management in Globally Distributed Settings. The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 10 Issue 1 (pp92-108 available online at www.ejkm.com.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector publico. Ed. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.
- Pérez, D., Dressler M. (2007). Tecnologías de la información para la gestión del conocimiento. Intangible Capital - N° 15 - Vol. 3- pp. 31-59, Ene-Mar de 2007.
- Polanyi, M. (1966) The Tacit Dimension. Routledge & Kegan Paul Ltd., London.
- Rees, S. J. and Protheroe, H. (2009). “Value, Kaizen and Knowledge Management: Developing a Knowledge Management Strategy for Southampton Solent University.” The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 7 Issue 1 2009, pp. 135 - 144, available online at www.ejkm.com.
- Sepi, (2009). Fundación Sepi, Ministerio industria, turismo y comercio; “Encuesta sobre estrategias empresariales”, SEPI, Madrid.
- Sheffield, J. (2011). “Pluralism in Knowledge Management: a Review” Electronic Journal of Knowledge Management Volume 7 Issue 3, (pp387 - 396), available online at www.ejkm.com.
- Tan, C, L and Nasurdin, A, M. (2011). Human Resource Management Practices and Organizational Innovation: Assessing the Mediating Role of Knowledge Management Effectiveness. The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 9 Issue 2 (pp155-167), available online at www.ejkm.com.
- Turner, G and Minonne, C. (2010). “Measuring the Effects of Knowledge Management Practices” Electronic Journal of Knowledge Management Volume 8 Issue 1 (pp161 - 170), available online at www.ejkm.com.
- UNE 16001, (2010). Sistemas de gestión energética. Requisitos con orientación para su uso. Aenor, Febrero 2010.
- UNE 216501, (2009). Auditorías energéticas. Requisitos. Aenor, Octubre 2009.
- UNE-EN 13306, (2010). Mantenimiento: Terminología de mantenimiento. Aenor, Marzo 2011.
- UNE-EN 13460, (2009). Terminología de mantenimiento. Aenor, Diciembre 2009.
- UNE-EN 15341. (2008). Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. AENOR: Madrid.
- UNE-EN 20464, (2002). Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 60706-2, (2006). Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo. Aenor, Mayo 2009.
- Wiig, K.M., (1997). Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management, Long Range Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.
- Yahya, S., y Goh,W. (2002). «Managing human resourcestoward achieving knowledge management». Journal of Knowledge Management, 6 (5), pp. 457-468.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Capítulo VI. Aplicación del Sistema Propuesto y Resultados



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

Introducción al Capítulo VI

Objetivo del Capítulo VI.

Durante un periodo de dos años, se observan y cuantifican los resultados con la utilización de eventos kaizen, usados para medir y seguir desarrollando los procesos que hacen mas eficiente la gestión del conocimiento en la organización de mantenimiento, realizándose un análisis de los resultados.

Artículos relacionados con el Capítulo VI.

Este capítulo está estructurado en tres artículos, el primero titulado “*Eventos Kaizen como estrategia de medición y mejora de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Análisis de resultados en una empresa industrial*”. En este artículo, se analizan los diferentes eventos utilizados dentro de dicha organización como base empírica para el desarrollo del modelo, así como conseguir unas mediciones cuantitativas, que permitan visualizar y detectar los principales beneficios y mejoras que se consiguen dentro de la empresa con la aplicación de un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo describe los eventos fundamentales realizados como base para medición de la aplicación de dicho modelo de GC, los resultados conseguidos, la discusión y las conclusiones observadas en la aplicación de la gestión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación. Este artículo ha sido enviado para su revisión a la revista “Applied Energy”.

El segundo artículo preparado en este capítulo VI titulado “*El trinomio “Eficiencia energética, Fiabilidad, Mantenibilidad”: Relaciones y mejora con técnicas de gestión del conocimiento*”. En este artículo, tras una pequeña revisión de las variables que condicionan la fiabilidad operacional, la mantenibilidad y la eficiencia energética, se pretende hacer una aproximación a las relaciones entre estos tres factores estratégicos y su relación con la aplicación de técnicas de mejora de la transmisión del conocimiento. Este artículo ha sido enviado y aceptado para su exposición en el XVI Congreso Internacional de ingeniería de proyectos, a celebrar durante el año 2012.

El tercer artículo preparado en este capítulo VI titulado “*La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Loriente S.A.*”. La finalidad de este artículo es mostrar las características relevantes de la empresa donde se ha realizado la mayor parte del proceso de investigación, marcando sus particularidades. En el artículo, se presentan las instalaciones, experiencias y decisiones tomadas, propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento de la compañía, en la implantación de un complejo industrial propiedad de Martínez Loriente SA., orientado hacia la adecuada explotación y mantenimiento con un compromiso fundamental en la



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

consecución de la eficiencia operativa, energética y respeto medioambiental. Esta empresa ha sido premiada con diversos premios nacionales e internacionales a la excelencia, siendo el más significativo el otorgado como mejor complejo industrial del año 2009 y segunda de Europa. Este artículo resumido ha sido enviado y aceptado para su exposición en el XVI Congreso Internacional de ingeniería de proyectos, a celebrar durante el año 2012. Igualmente ha sido enviado y aceptado de una manera extendida para su publicación en la revista “Cárnicas 2000”, revista especializada del sector industrial alimentario.



6.1. Eventos Kaizen como estrategia de medición y mejora de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Análisis de resultados en una empresa industrial.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS	Capítulo V	Capítulo IV	Capítulo III	Capítulo II	Capítulo I
--------	---	------------	-------------	--------------	-------------	------------



Eventos Kaizen como estrategia de medición y mejora de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial: Análisis de resultados en una empresa industrial.

F. Javier Cárcel Carrasco*

**Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia, España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: Dentro de las áreas funcionales de la empresa, la actividad de mantenimiento tiene un peso fundamental en la consecución de objetivos y la eficiencia de la empresa (fiabilidad en los procesos de producción o servicios a prestar, mejora de la eficiencia energética, aumento de la disponibilidad en base a la mantenibilidad y aumento del ciclo de vida del equipamiento e instalaciones). Esta área estratégica, por sus propias características de capacitación técnica y experiencia requerida en sus operarios, tiene un alto componente de conocimiento tácito, y normalmente existe poca costumbre de documentar las experiencias o trabajos estratégicos que pueden ser un conocimiento estratégico de la organización. Mediante un proyecto de gestión del conocimiento, se pretende gestionar ese valor intangible que es el conocimiento que afecta a las actividades estratégicas de la empresa, mejorando los procesos de la organización. Para medir los efectos que introduce un modelo de gestión del conocimiento dentro de una organización de mantenimiento, se han realizado unos eventos kaizen dentro de una organización de mantenimiento, con el fin de cuantificar mediante métodos empíricos, los efectos de dicho modelo dentro del mantenimiento en su relación con la empresa. En este artículo se muestran dichos eventos kaizen, en un proceso de investigación de 2 años dentro de una empresa industrial de primer orden en el sector alimentario español.

Palabras Clave: Eventos kaizen, Mantenimiento industrial, Gestión del conocimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUERTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

1. Introducción

Los eventos Kaizen, herramienta frecuente en los círculos de calidad, y cuyo origen parecen estar en la segunda guerra mundial (Huntzinger, 2002), de planteamientos variados, y utilizados para planificación de actividades para identificar que procesos sistemáticamente ocultan desperdicios y eliminarlos, así como mejorar actividades y respuesta de los operarios ante situaciones no previstas, y mejorar aptitudes que redunden en todas las acciones estratégicas de mantenimiento, tales como la mejora de la fiabilidad y la mantenibilidad, la eficiencia energética y los trabajos habituales de explotación de instalaciones.

Maasaki Imai plantea el kaizen como la conjunción de dos términos japoneses, kai, cambio y, zen, para mejorar, luego se puede decir que Kaizen es "cambio para mejorar", pero haciendo más extensivo el concepto, Kaizen implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas involucrando a toda la organización (Imai, 1998, 2006), y que marca la tendencia desde pequeñas mejoras incrementales a innovaciones drásticas y radicales.

El Kaizen ha sido considerado como un elemento clave para la competitividad de las organizaciones japonesas en los últimos tres décadas del siglo XX (Imai 1986; Brunet 2000), que sustenta su presencia en la participación de los operarios en la mejora de los procesos trabajo (Elgar et al., 1994), generando un medio para que puedan contribuir en el desarrollo de la empresa (Bessant, 2003, Malloch, 1997).

Existe una amplia variedad de cómo se comprende y se aplica el Kaizen, dependiendo de las características de la organización de cómo definen el kaizen (Brunet et al., 2003).

Los kaizen tienen un efecto motivador entre los empleados según avalan diversos estudios empíricos en la industria manufacturera japonesa (Cheser, 1998; Brunet et al., 2003), siendo extrapolable su filosofía a la cultura industrial occidental (Aoki, 2008), si se aplican sus principios básicos.

Dentro de esta orientación más occidental, el Kaizen también ha sido abordado desde un ángulo gerencial y organizacional más práctico, delimitando al término mismo, en forma de metodología y/o técnica conformada por conjunto de herramientas necesarias para eliminar las actividades que no agregan valor a los procesos de trabajo, los llamados "mudas" en japonés (Suarez et al., 2009A). En este sentido puede ser definido como una filosofía de trabajo que debe impregnar la organización (Bhuiyan, et al., 2005).

Con la realización de eventos kaizen, se da un paso importante en la organización hacia la resolución o mejora de diversos procesos, reconociendo que existe un problema o una actividad ineficiente, existiendo un potencial para su mejoramiento (Manos, 2007; Ortiz, 2009).

La ingeniería del mantenimiento industrial requiere de conocimientos técnicos muy específicos, un alto requerimiento de experiencia del personal que lo desenvuelve con un alto componente de conocimiento tácito, y con poca tradición en transcribir las experiencias que se producen. La adecuada gestión del conocimiento y la aplicación del conocimiento adquirido en las actividades rutinarias de mantenimiento en la empresa, y su mejora, puede ser observado como un factor o proceso importante que puede influir positivamente en diversas acciones que afectan estratégicamente a toda la empresa, tales como (Cárcel, 2010):

- ♦ Resolución averías.
- ♦ Actuación ante acciones de emergencia.
- ♦ Conocimiento del entorno.
- ♦ Ver oportunidades de nuevas acciones.
- ♦ Planificación del mantenimiento.



- ♦ Marcar prioridades de inversión, fiabilidad y eficiencia energética.
- ♦ Optimizar recursos técnicos.
- ♦ Optimización económica.
- ♦ Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuesta operativa.

Una continua reducción de errores y mejora en la gestión del conocimiento en las actividades estratégicas de mantenimiento, implica, según los datos preliminares de la investigación, una continua mejora de la calidad del servicio prestado, implicando costos cada vez más bajos, menos reproceso en la fabricación, menos desperdicio de materiales, de tiempo de equipos, de herramientas y de esfuerzo humano.

En este artículo, tras un breve análisis de la relevancia de la gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial y una descripción de un modelo de gestión de conocimiento introducido en los departamentos de mantenimiento de una empresa industrial, se analizan los diferentes eventos utilizados dentro de dicha organización como base empírica para el desarrollo del modelo, así como conseguir unas mediciones cuantitativas, que permitan visualizar y detectar los principales beneficios y mejoras que se consiguen dentro de la empresa con la aplicación de un modelo de gestión del conocimiento aplicado al desempeño del mantenimiento industrial, basado en cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética. El artículo describe los eventos fundamentales realizados como base para medición de la aplicación de dicho modelo de GC, los resultados conseguidos, la discusión y las conclusiones observadas en la aplicación de la gestión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento de una empresa industrial, donde de una manera experimental ha comenzado su implementación.

2. Relevancia de la gestión del conocimiento en el mantenimiento industrial

Dentro del contexto táctico de mantenimiento, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso a tener en cuenta dentro de dicha actividad, un enfoque de este podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1995, 1999; Wiig, 1997; Bueno 2002).

Con un cambio hacia un modelo basado en el Conocimiento y el Aprendizaje, la organización se centra en la capacidad de innovar y aprender, para resolver de una manera más eficiente sus trabajos cotidianos, así como resolver acciones nuevas o no rutinarias, creando un valor de lo intangible en base al conocimiento y a su rápida actualización en el ámbito del entorno de trabajo de la organización de mantenimiento. Debe ser asumido como una estrategia de desarrollo a largo plazo, visualizando el conocimiento como factor estratégico, por ello la resolución de problemas y las tomas de decisiones deben tener un soporte basado en las siguientes características (Peluffo et al, 2002):

- La disponibilidad de la información y conocimiento clave en todos los miembros de la organización, en función de las acciones tácticas fundamentales del mantenimiento industrial.
- La capacidad de analizar, clasificar, modelar y relacionar sistémicamente datos e información sobre valores fundamentales para dicha Sociedad.
- La capacidad de construir futuro de esa sociedad de forma integral y equitativa (direccionalidad a metas).

Debe estar acompañado por transformaciones claves en la administración y desarrollo de la organización, que se focalizan en:

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

- La forma en cómo se hacen las cosas (se tiende a administrar por competencias más que por puesto de trabajo),
- Las formas de encarar la combinación del uso de la tecnología con los saberes individuales y organizacionales acumulados (se enfatiza en las destrezas de pensamiento, de búsqueda activa de conocimiento, las comunidades de prácticas, etc.),
- La formación y el auto-aprendizaje, para la consecución de competencias.
- Las nuevas formas de comunicar el conocimiento y de construirlo (conocimiento tácito almacenado, técnicas para el análisis de la información, los bancos de ideas, de conocimiento, las mejores prácticas).
- El cambio cultural experimentado por la aceptación de los beneficios del nuevo modelo sobre el tradicional entre otros (nuevas formas de valorización del trabajo, el papel del factor humano, la mayor autonomía para desarrollar tareas, el alineamiento entre los intereses individuales y los organizacionales).

La actividad de mantenimiento, tal y como está organizada y por su propia especificidad, genera fundamentalmente conocimiento tácito basado en la experiencia, a niveles muy superiores al explícito, que además se registra de forma fragmentada. En general, se cuenta con trabajadores maduros, con mucha experiencia debido a la gran especialización requerida y, además, se confecciona un tipo de información poco elaborada y débilmente orientada a la toma de decisiones.

Los principios básicos en que se debe centrar un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial deben basarse en los mecanismos que se observan en cómo se produce la adquisición del conocimiento, cómo se produce su retención, la recuperación y su utilización. Ello conllevará al estudio de cómo se produce el aprendizaje y su agregación y estructuración a los esquemas de memoria para su retención y recuperación y los ajustes pertinentes que se deben tener en cuenta para utilización del conocimiento estratégico y táctico que hace mejorar la eficiencia de dicho servicio. El sistema propuesto debe tratar de integrar conceptos y técnicas de aplicación al Mantenimiento, con objeto de dar respuesta al problema de la pérdida de la experiencia, reducir los tiempos de actuación y aumentar la eficiencia del servicio de mantenimiento (ante la operación, fiabilidad y mejora de la eficiencia energética).

Aunque se puede considerar al conocimiento como un ente independiente entre las personas que lo generan y lo utilizan (Rodríguez, 2006), el modelo se debe centrar en la creación de metodologías, estrategias y técnicas que permitan almacenar el conocimiento y faciliten su acceso y posterior transferencia entre los miembros que intervienen, facilitando y mejorando las acciones estratégicas que tiene definidas la organización de mantenimiento.

Las personas adquieren un papel activo y central, pues el conocimiento nace, se desarrolla y cambia desde ellas.

Se debe buscar fortalecer los espacios para que los agentes obtengan mejores resultados en las acciones de gestión del conocimiento estratégico, entre los que se pueden mencionar:

- a) Se deben marcar los mecanismos necesarios para conseguir la información y el conocimiento que precisa una persona, y fortalecer la capacidad de responder a las ideas que se obtienen a partir de esa información y del conocimiento tácito que estos poseen.

- b) Administrar el conocimiento y el aprendizaje organizacional con el fin de fomentar estrategias de desarrollo de mediano y largo plazo.
- c) Definir el conocimiento estratégico que le dará eficacia y seguridad al proceso en una organización de mantenimiento, y que puede conseguir una visión de la utilidad y resultados económicos o de eficiencia en los procesos.
- d) Crear una base tecnológica sencilla donde resida el conocimiento gestionado y su transferencia a los diversos usuarios para su utilización, aprovechando las experiencias más exitosas y las formas en que fueron solucionados los errores más frecuentes. Esto permite solucionar con mayor velocidad los problemas y adaptarse con más flexibilidad.
- e) Definir los agentes que perseguirán la adecuada gestión durante todos los procesos que se manifiesta (generación, producción, transferencia y utilización).

La Gestión del Conocimiento se ve enfrentada a una serie de dificultades que provienen del mismo entorno, especialmente de los factores culturales (los individualismos, la falta de una cultura basada en el conocimiento, el aislamiento del entorno y de los integrantes de ese entorno, las orientaciones a corto plazo, etc.) (Peluffo et al, 2002).

La evolución hacia un modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial debe pasar por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, detentando las barreras para su implantación, la transformación de lo intangible en tangible, finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento (Figura 1).

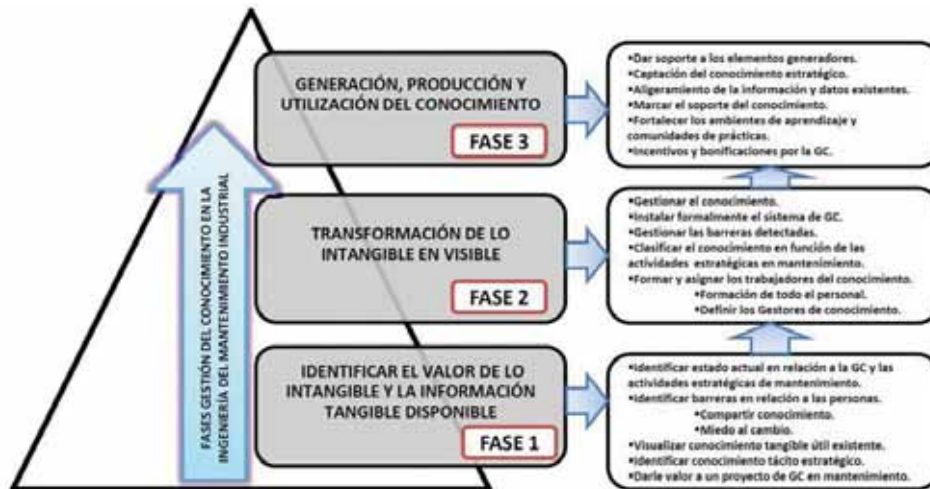


Figura 1. Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.

En una primera fase fundamental, se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la situación de la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.), para en fases posteriores desbrozar o resumir la información fundamental. Para ello se deberán identificar las barreras existentes para que los procesos de gestión del conocimiento sean fluidos y asumidos por la organización, así como formar y explicar de una manera clara a todos los miembros integrantes, que supondrá un proyecto de GC en mantenimiento, con el fin de motivar y marcar las mejores condiciones para el éxito en su implementación.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Posteriormente en una segunda fase, se formalizan los procedimientos y estrategias para el soporte del modelo de GC, donde se va transformando lo intangible en visible, para la utilización posterior de un banco común de sustentación del conocimiento, mediante cualquier tipo de herramienta (Lo común es una herramienta informática, aunque no tiene porqué ser así), comenzándose a gestionar el conocimiento, superando las barreras detectadas, y clarificando el conocimiento en función de las actividades estratégicas de la empresa. Es en esta fase donde se deben definir las personas que harán las funciones de gestores de conocimiento, cuya misión es dar soporte, coordinación y generar pro-actividad entre todos los miembros de la organización, para llevar el proyecto de GC por una senda o dirección definida en la uniformidad en los procesos fundamentales de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

Esta segunda fase requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articular la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la GC a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema.

3. Kaizen en el mantenimiento industrial

La aplicación del kaizen consiste básicamente de cuatro pasos que conforman un proceso estructurado, a saber:

- ♦ Verificación de la misión: planeamiento estratégico.
- ♦ Diagnostico de la causa raíz: identificación y diagnóstico de problemas.
- ♦ Solución de la causa raíz.
- ♦ Medición y mantenimiento de resultados

Una vez que se ha logrado cumplir con estos cuatro pasos y se ha conseguido mejorar en cuanto a la eficiencia del servicio prestado, se debe proceder a buscar nuevos objetivos que permitan reiniciar el proceso, realizando esto de manera fluida y continua en cada área. Cada vez que se logra finalizar el proceso, es decir cuando se llega al paso de mantenimiento de resultados, resulta oportuno que se recompense al equipo involucrado en la mejora, dicha recompensa debe ser proporcional al logro alcanzado.

En la definición del evento, se deben clarificar las siguientes preguntas básicas, que marcan la visión general:

- ¿Cuál es el problema? (Propósito)
- ¿Por qué hoy? (Importancia)
- Límites del evento (Alcance)
- ¿Cuál será la métrica a usar? (Medición)

- ¿Cuáles son las metas? (Decisiones)
- Participantes (Recursos)

Para la obtención de éxito en los eventos kaizen organizados, se ha de basar en ciertas premisas básicas:

- Implicación de las personas: Es vital la implicación del personal operativo y la dirección como fase fundamental, basada en una formación y concienciación inicial, así como rotura de barreras que se pudieran producir.
- Centrarse en el problema a solucionar, o medición del factor a cuantificar: Se debe observar con claridad cuál es el problema a resolver, centrando la actividad en su resolución o mejora, observando los resultados por los participantes, motivando al equipo que puede ver los resultados.
- Promoción de la participación: La promoción debe ser promovida desde la motivación de todos los empleados implicados en el proceso a mejorar.
- Comunicación: Los resultados deben ser compartidos por todos, y debe estar integrado en la plataforma de gestión del conocimiento que ayude a aprender a toda la organización, perdiendo el miedo al cambio y compartir el conocimiento con el resto de áreas.

Normalmente, los procesos de innovación supone cambios tecnológicos productivos y administrativos con un coste muy relevante. Por el contrario, mediante eventos kaizen, con técnicas sencillas y de bajo impacto económico, se pueden conseguir resultados apreciables en toda la organización de mantenimiento, y colateralmente y de manera exponencial, en toda la empresa. La metodología usada para pasar de la oportunidad al proyecto se basó principalmente en eventos Gemba Kaizen. Estos eventos son la base para poner en marcha los principios del pensamiento “Lean” en las organizaciones. Consisten en una serie de acciones que se realizan sobre el terreno en el transcurso de pocos días. La finalidad es alcanzar rápidamente un objetivo cuantitativo de mejora, con resultados medibles, relevantes y sostenibles en el tiempo. “Gemba Kaizen” es una expresión japonesa construida a partir de los términos “Gemba” (lugar de trabajo) y “Kaizen” (mejora). Los eventos Kaizen, para conseguir los objetivos, se centraran en tres pasos concéntricos, La formación y concienciación para la gestión del conocimiento de las acciones estratégicas de mantenimiento industrial, el paso de afianzar las metodologías, y por último, los eventos para la medición y cuantificación de resultados (Figura 2)

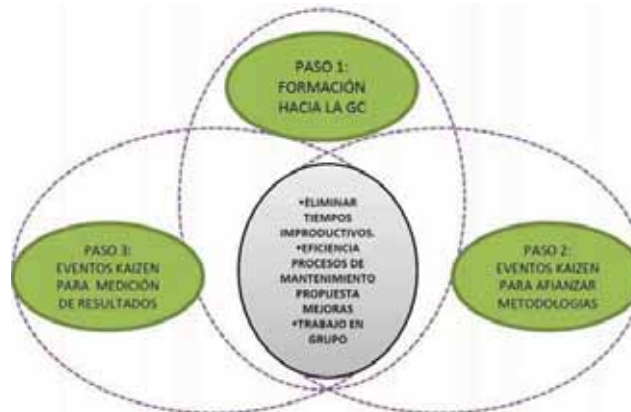


Figura 2. Pasos en la evolución del kaizen de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

Los eventos Gemba Kaizen que se realizaron involucrando al personal de mantenimiento en las diversas zonas operativa donde actúa dicha organización en la empresa, perseguían los siguientes objetivos principales:

- Para la preparación y concienciación de la organización de mantenimiento, para utilizar plataformas de gestión de conocimiento con el fin de captar el conocimiento estratégico y compartirlo con el resto de miembros.
- Como medio de mejora en las actividades estratégicas del mantenimiento industrial (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación /explotación), así como medición de dicha mejora, cotejándolo con datos anteriores a la introducción de modelos de gestión del conocimiento y auto-aprendizaje del personal.

Kaizen Como parte de un método para lograr mejoras es usualmente entendido como parte de Lean o pensamiento esbelto, caracterizado por la participación de los empleados en la solución de los problemas o desperdicios que surgen en el trabajo cotidiano (Likert, 2004; Spear, 2004; Hino, 2006; Dahlggaard et al, 2006), de cualquier forma el término Kaizen es usado en dos formas: la primera se refiere a la búsqueda de la perfección de todo lo que hacemos. En este sentido Kaizen representa el elemento de la mejora continua que es parte fundamental del modelo de Calidad de las acciones y procesos en diversas actividades y sectores (Suarez, 2001, 2007, 2008; 2009B; Montabon, 2005; Ablanado et al., 2010; Jaca et al., 2010), que permiten una sostenibilidad y mantenibilidad de su gestión (Svensson, 2006; Evans, 2005).

En un contexto de negocios esto incluye todas las actividades individuales y de grupo que permiten hacer un proceso mejor y satisfacer los requerimientos del cliente final (en este caso los propios departamentos de la empresa, para mejorar de una manera constante (Deming, 1989), y encontrar los caminos específicos para lograr dichas mejoras.

Para mejorar los procesos de gestión de conocimiento dentro de la actividad de mantenimiento, son adecuados los métodos que se han etiquetado como Kaizen, planteándolo como sistemas de planeación de eventos para identificar que procesos sistemáticamente ocultan desperdicios y eliminarlos, como puede ser, por ejemplo, las actuaciones o reacciones ante averías o fallos críticos en las instalaciones y equipamiento de la empresa (Figura 3).

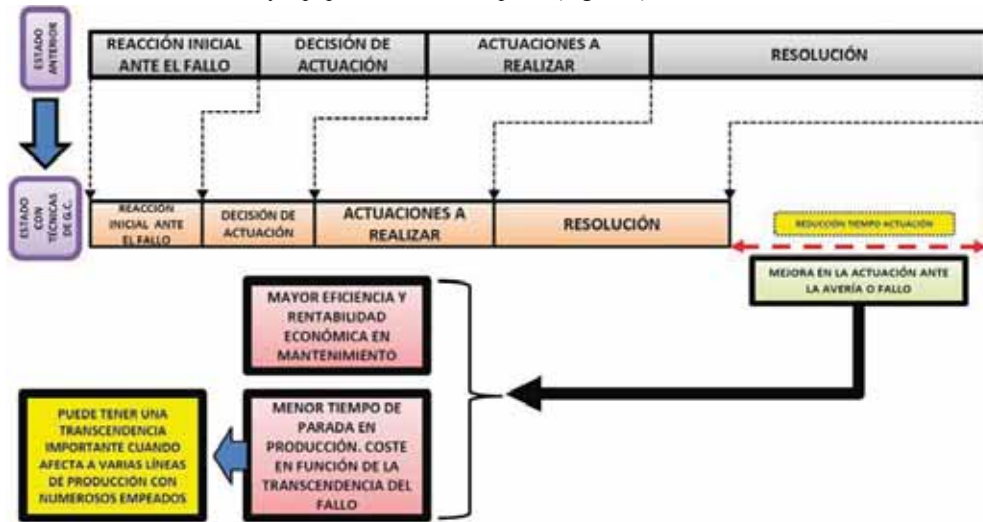


Figura 3. Diagrama Yamazumi con reducción de desperdicios en la actuación ante averías. Fuente: Elaboración propia.

Las variedades del Kaizen, pueden variar su orientación según el objetivo que se plantea conseguir:

- a) Individual; Mientras que todos los enfoques de Kaizen usan un enfoque de equipo, este método conocido como Kaizen Teian ó Kaizen personal se refiere a como los empleados realizan mejoras en el curso de sus actividades día a día.
- b) Grupal: aquí un equipo de trabajo de la misma sección o área de trabajo (gente que trabaja en la misma área, con el mismo tipo de desempeño, utilizando mismos equipos, etc.) usan sus observaciones acerca de su trabajo para identificar oportunidades de mejora, durante el día ó al termino de la semana el equipo se reúne y selecciona un problema, ellos analizan las fuentes y generan ideas de cómo eliminarlas. Actualmente cuando la mayoría de las personas hablan de Kaizen como un método se refieren a eventos especiales (uno que es planeado y realizado en un periodo de tiempo para eliminar desperdicios en un proceso o área determinado). Si está orientado hacia un sector o zona de la empresa se denomina Gemba Kaizen.
- c) Orientado al Proceso; cuando se realiza un evento Kaizen cuyo objetivo es cambiar completamente un proceso se llama Kaikaku Kaizen.

Todos los Kaizen que incluyen realizar cambios tienen los siguientes puntos en común:

- Enfoque en realizar mejoras al detectar y eliminar desperdicios, que hace aumentar la eficiencia en las acciones de mantenimiento.
- Uso de un enfoque de solución de problemas que observa cómo opera el proceso, desperdicio oculto, generación de ideas acerca de cómo eliminar ese desperdicio y realizar mejoras.
- Uso de medidas para describir el problema y los efectos sobre la mejora. Documentar y comentar la experiencia para ser compartida por todos los miembros de la organización de mantenimiento, con traslado al contenedor de conocimiento.

Los eventos Kaizen deben desarrollarse en base a problemas bien definidos, identificado fuentes obvias de desperdicio o mejora de las actividades o procesos, y teniendo en cuenta que los riesgos de implantación sean mínimos, buscando resultados y metas de mejora, con la total implicación de los órganos de dirección de mantenimiento y de la empresa.

Las fases de un evento Kaizen son:

1. Planeación y preparación: Definición y evaluación del alcance del evento, personal a participar, programación del evento.
2. Implantación (evento Kaizen): entrenamiento y comienzo del evento por parte de los participantes. Verificación de los resultados.
3. Comunicación y seguimiento. Revisar resultados y extrapolar y explicitar las acciones en la plataforma de conocimiento de la organización del mantenimiento, con los resultados y las mejores lecciones y experiencias aprendidas.

El objetivo de los eventos Kaizen es realizar cambios inmediatos por medio de actividades bien organizadas de corta duración (Figura 4), proporcionando un fundamento de análisis que acelere cambios y mejoras en los procesos estratégicos misión de mantenimiento, involucrando a todos sus miembros y generando un ambiente propicio al cambio, que supone el introducir metodologías de gestión del conocimiento, en un tipo de organización que tradicionalmente funciona en base al conocimiento tácito, implícito en los operarios de la organización.

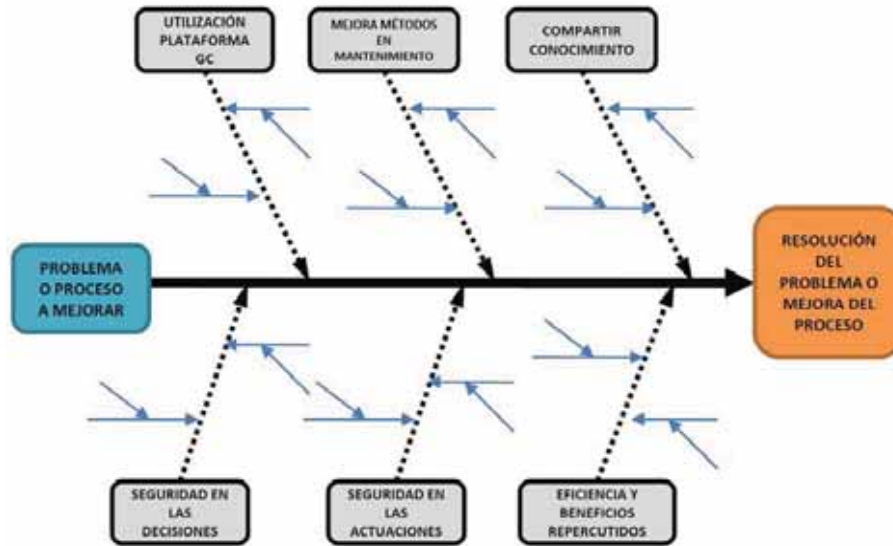


Figura 4. Estructura de los procesos ante actuaciones mediante diagrama de Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.

Los participantes son miembros de la organización de mantenimiento de la empresa, así como los gestores de conocimiento en mantenimiento nombrados, quienes se involucran durante la apertura del evento Kaizen, en la revisión de los hallazgos y finalmente evaluando los resultados obtenidos.

4. Metodología.

En relación al tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información es prospectivo ya que al desarrollar la metodología Kaizen la información se va registrando en la medida que el evento plantea el período de ejecución y validación. La secuencia en la presentación de resultados ubica al presente trabajo en un desarrollo longitudinal ya que se evalúan diversas variables que afectan a las actividades estratégicas del mantenimiento industrial. También se desarrolló el estudio con una faceta experimental ya que al implementar la presente metodología, se prevé el ensayo y verificación como elemento esencial en el proceso de instrumentar las mejoras de los procesos, que tienen en la organización como consecuencia de utilizar metodologías de gestión del conocimiento, como forma de compartir y generar conocimiento.

Al aplicar los eventos Kaizen se plantea inicialmente la referencia de cómo se encontraba antes de la realización de la misma, con lo que se recaba toda la evidencia posible tanto de tipo cualitativo como cuantitativo en el período previo a su desarrollo, que para la presente investigación consiste en datos anteriores a enero de 2010, así como de las acciones derivadas del análisis realizado durante los eventos programados en el desarrollo del Kaizen. Se realizará inducción previa a los participantes para homologar los conceptos de mejora continua y gestión del conocimiento, así como la obtención de los recursos de disponibilidad de instalaciones para la realización de actividades a corregir y adecuar, que se externen como soluciones resultado del avance en la implementación, así como la estandarización de las operaciones.

La validación de resultados y los posteriores análisis se aplicarán tanto en el desarrollo de los trabajos de implementación, así como de las acciones posteriores de seguimiento que se requieran para dar la solidez de los resultados a mediano y largo plazo empleando para tal efecto el contenedor de conocimiento de la organización, permitiendo con ello la documentación necesaria para evidenciar los niveles de resultado en el sentido prospectivo. Las condiciones propias operativas sobre las que se experimentará para medir el impacto en los resultados quedarán registradas con la magnitud y autorización de los responsables de mantenimiento, con lo que se expresa una condición correlacionada específica y de impacto identificado para encontrar los elementos sensibles y definidos de modificación para asegurar los resultados o las tendencias logradas.

Se ha seleccionado aquel diseño que permita conocer lo más posible el fenómeno de estudio y que los casos concretos ofrezcan una oportunidad de aprender. Esto se logra en la medida en que: (1) se tenga fácil acceso a los casos, (2) exista una alta probabilidad de que se dé una mezcla de procesos, programas, personas, interacciones y/o estructuras relacionadas con las cuestiones de la investigación y, (3) se asegure la calidad y credibilidad del estudio (Zapata, 2001 extraído de Eisenhardt, 1989 y Rodríguez et al, 1996).

Para este estudio, se ha utilizado una población formada por técnicos y mandos de un departamento de mantenimiento de una empresa industrial del sector agro-alimentario. Los participantes son miembros de la organización de mantenimiento de la empresa, así como los gestores de conocimiento en mantenimiento nombrados, quienes se involucran durante la apertura del evento Kaizen, en la revisión de los hallazgos y finalmente evaluando los resultados obtenidos.

La característica de la empresa y del personal participante se encuentra referenciada en la tabla 1 (Tabla 1). Esta empresa se ha seleccionado en base a estudios previos en un proyecto de investigación para la introducción de técnicas de gestión de conocimiento dentro de la organización de mantenimiento industrial, teniendo en cuenta que se ha buscado, la disponibilidad e interés de la empresa por el objeto de la investigación, que tenga alta incidencia sobre la eficiencia de la empresa el desempeño de los departamentos internos de mantenimiento y explotación, que se encuentre en un sector altamente competitivo, tener una implantación a nivel nacional con factorías industriales distribuidas en diferentes puntos territoriales.

MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN					
PERSONAL TOTAL EMPRESA	1137				
SECTOR EMPRESA	INDUSTRIA AGRO-ALIMENTARIA				
PERSONAL TOTAL ÁREA MANTENIMIENTO	230				
PERSONAL INVOLUCRADO EN LOS EVENTOS KAIZEN	SECCIONES	INSTALACIONES	PRODUCCIÓN	MECÁNICOS	SISTEMAS
	MANDOS O JEFES	1	1	1	1
	TÉCNICOS OPERATIVOS	32	47	36	26
TOTAL PARTICIPANTES	145				

Tabla 1. Características de la empresa y población del estudio para los eventos propuestos en la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



5. Los eventos kaizen como estrategia de medición y mejora en las acciones de mantenimiento usando técnicas de gc.

Los eventos kaizen que se programaron, tenían dos misiones principales con la finalidad de cuantificar los beneficios de aplicar un modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial, que mejorara de manera significativa las actividades estratégicas que realiza el departamento de mantenimiento:

- a) Preparar y concienciar a todo el personal de mantenimiento en un modelo de gestión de conocimiento, con el fin de captar y transmitir el conocimiento estratégico entre todos los miembros de la organización.
- b) Utilizar los eventos como herramienta de medición y recopilación de datos que permita cuantificar la mejora de diversas acciones, por una gestión eficiente del conocimiento. Para ello y con el fin de tener una comparativa fiable, en alguno de esos eventos, se comparó grupos que aplicaban sistemas de trabajo tradicionales con respecto a otros grupos formados en la utilización de plataformas de gestión del conocimiento.

Para dicho propósito, en un periodo de dos años, se realizaron dichos eventos (Tabla 2) con el fin de captar, tras un proceso inicial de captación del conocimiento estratégico de mantenimiento, la percepción cuantitativa y cualitativa del beneficio repercutido a la organización, y con ello a toda la empresa.

DESCRIPCIÓN DE LOS EVENTOS KAIZEN					
Nº	EVENTO PROPUESTO	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	PERSONAL INTERVINIENTE	DURACIÓN
1	Evento preliminar al resto: Implicación de los operarios de mantenimiento en un modelo de gestión del conocimiento en función de las actividades estratégicas.	Conocimiento estratégico en base al conocimiento tácito de los empleados.	Puesta en marcha de un modelo de gestión de conocimiento en mantenimiento, con el fin de capturar el conocimiento estratégico en base a la estructuración y aligeramiento de la información y la captura del conocimiento tácito de los operarios. Se persigue eliminar islas de conocimiento y la cohesión del equipo.	Todo el personal perteneciente a la organización de mantenimiento.	Durante tres días, con charlas formativas y de concienciación de tres horas diarias.
2	Mejora en la eficiencia ante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.	Acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, basada en acciones anteriores. Tiempo de ejecución ineficiente. Dependencia de los empleados con experiencia.	Mejora en los procesos de mantenimiento basado en las mejores experiencias del resto de los compañeros, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento.	4 operarios de mantenimiento que han utilizado la plataforma de gestión del conocimiento.	Un día durante una sesión de cuatro horas.
3	Análisis de fallos críticos instalación refrigeración industrial. Análisis de fallos instalación eléctrica alta tensión.	No se tienen identificados los fallos críticos, diagramas de acciones ante su actuación, así como identificación del análisis de criticidad de diversas instalaciones con un alto factor de incidencia sobre las funciones de la empresa.	Identificar los fallos críticos posibles de una gran instalación, marcar tendencia para su eliminación, y documentar los procesos para su rápida actuación por parte de los operarios, en el caso de su incidencia	4 jefes de área de mantenimiento, con apoyo de el coordinador de gestión de conocimiento en mantenimiento.	Durante cuatro días, con sesiones de tres horas.
4	Reducción de las tasas de fallos en las líneas de producción. Maniobras en interruptores de alta tensión ante un disparo.	Elevada tasa de paro de las líneas de producción por fallos o paradas fortuitas.	Aumentar la relación marcha/paro en las líneas de producción. Medir los tiempos de actuación, ante una acción crítica definida (disparo de interruptores de alta tensión).	Todo el personal perteneciente al grupo de mecánicos productivos. Ocho operarios de mantenimiento de las áreas de instalaciones, cuatro que han utilizado con asiduidad el contenedor de conocimiento, y cuatro que continuaban con las técnicas tradicionales	Durante dos días en sesiones de cuatro horas. Medición de mejora tras periodos de 6 meses.

5	Aumento de la eficiencia energética, mediante acciones puntuales.	Perdidas energéticas por inoperancia o uso indebido del equipamiento. Falta de eficiencia de grandes equipos consumidores.	Aumento de la mejora en eficiencia energética de la empresa, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento.	Operarios de instalaciones.	Durante tres días en sesiones de tres horas. Medición de acciones realizadas tras 12 meses.
6	Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal de mantenimiento.	Tiempo de acoplamiento para ser operativo el personal de nuevo ingreso elevado.	Utilización de plataforma tecnológica para la gestión del conocimiento, como medio de auto-aprendizaje del nuevo personal. Objetivo reducir elevados tiempos de acoplamiento del nuevo personal.	4 operarios de mantenimiento que han utilizado la plataforma de gestión del conocimiento. 4 operarios que continuaban su función con los procedimientos tradicionales.	Durante tres días en sesiones de tres horas. Observación de resultados tras 3, 6 y 8 meses.

Tabla 2. Eventos propuestos en la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

En todos los eventos participaba el gestor de conocimiento de mantenimiento, nombrado para llevar a cabo el modelo en la organización.

5.1. Evento Kaizen 1 (concienciación para compartir y utilizar conocimiento estratégico).

Introducción de los operarios en la gestión del conocimiento.

Fomentar, concienciar y formar a todo el personal de mantenimiento, en las características de un modelo de gestión del conocimiento, que permita, una información esbelta y útil de la información en mantenimiento y captar el conocimiento tácito estratégico de todos los miembros, con el fin de recopilar experiencias que puedan ser utilizadas por todos los miembros de la organización.

Identificación del problema: Conocimiento estratégico en base al conocimiento tácito de los empleados. Dependencia de la empresa de los empleados. Dificultad para sustituir operarios con experiencia.

Objetivo: Puesta en marcha de un modelo de gestión de conocimiento en mantenimiento, con el fin de capturar el conocimiento estratégico en base a la estructuración y aligeramiento de la información y la captura del conocimiento tácito de los operarios. Se persigue eliminar islas de conocimiento y la cohesión del equipo.

Personal interviniente: Todo el personal operativo de mantenimiento.

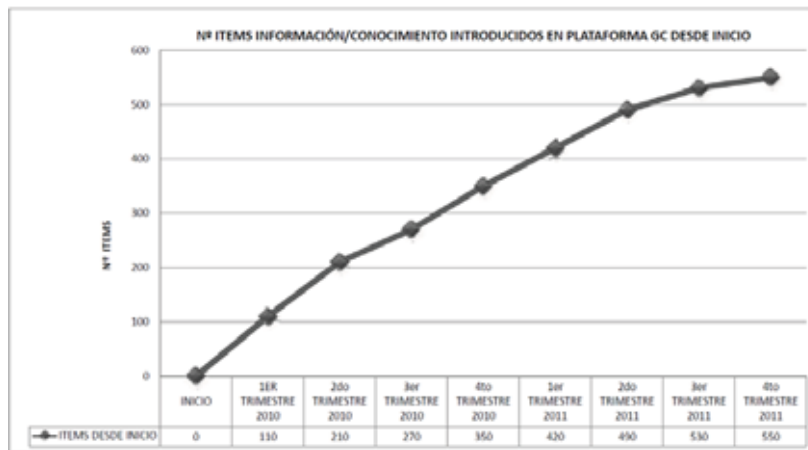
Proceso del evento: En grupos de 10 personas, se comenzaba con la introducción y formación sobre la gestión del conocimiento en mantenimiento, descripción de los beneficios que se persiguen (a nivel individual, de grupo y de la empresa), y manera de documentar las experiencias operativas que sirvan de experiencia al resto de los compañeros de la organización. El personal trata de realizar una relación de experiencias operativas transcendentales vividas personalmente, y se deben documentar de una manera clara y precisa para ser entendida y utilizada por cualquier otro miembro de la organización (se pueden utilizar fotografías, videos, gráficos, etc., que ayuden a realizar dicha actividad de una manera eficiente por cualquier otra persona que no haya vivido dicha experiencia).

Duración: Durante tres días, con charlas formativas y de concienciación de tres horas diarias.

Factores a medir: Número de experiencias operativas introducidas por los miembros de la organización, a partir de la fecha del evento, en periodos de 3 meses.



Resultados: La implicación de los operarios y los técnicos de mantenimiento es un facilitador y condición indispensable, en un proceso de generación y utilización del conocimiento estratégico en la ingeniería de mantenimiento. Este evento permite clarificar a todos los miembros de la organización de mantenimiento, de las estrategias a seguir y los beneficios que repercuten a todos los miembros. Para recabar el nivel de seguimiento, se realizaron mediciones de los ítems (extractos de información fundamental, experiencias valiosas y conocimiento tácito introducido), dándose un nivel de aceptación y aportación importante en la organización de mantenimiento (Gráfica 1).



Gráfica 1. Ítems introducidos en la plataforma de conocimiento por los miembros de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Otros resultados intangibles obtenidos, captados por métodos cualitativos a los seis meses del comienzo, fueron el aumento de la unión y trabajo en grupo, la tendencia a compartir en mayor medida el conocimiento con la desaparición de muchas de las islas de conocimiento, y la utilización del conocimiento almacenado como sistema de auto-aprendizaje, que infunde en los miembros de la organización un aumento en la seguridad de las decisiones en los trabajos a realizar.

5.2. Evento Kaizen 2 (mejora mantenibilidad).

Mantenimiento preventivo de un compresor de tornillo.

El mantenimiento, base fundamental de la disponibilidad, requiere de tácticas sofisticadas, con gran repetitividad, y dado que actúa en todas las instalaciones y equipos, puede ser fuente de mejora de gran repercusión en los tiempos de operatividad del departamento de mantenimiento.

Identificación del problema: Acciones de mantenimiento preventivo y correctivo, basada en acciones anteriores. Tiempo de ejecución ineficiente. Dependencia de los empleados con experiencia.

Objetivo: Mejora en los procesos de mantenimiento basado en las mejores experiencias del resto de los compañeros, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento. Capturar el conocimiento estratégico en las acciones de mantenimiento en base a la estructuración y aligeramiento de la información y la captura del conocimiento tácito de los operarios. Se persigue eliminar islas de conocimiento y optimización del proceso.

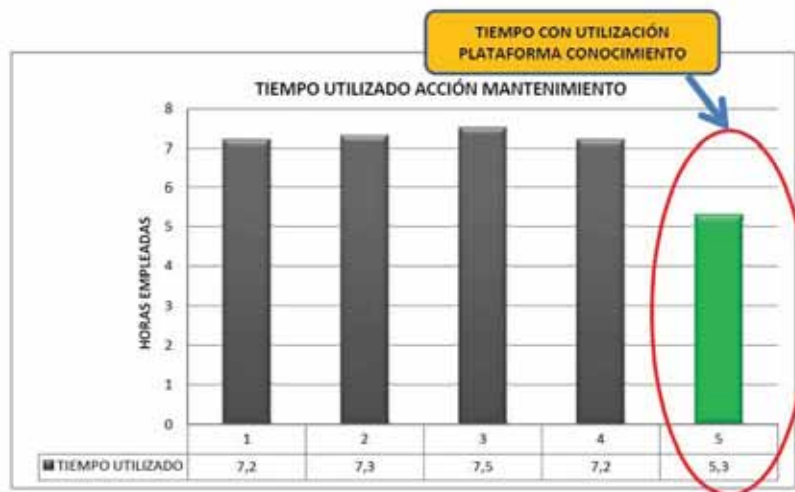
Personal interviniente: 4 operarios de mantenimiento que han utilizado la plataforma de gestión de conocimiento.

Proceso del evento: Grupo de 4 operarios que no habían participado anteriormente en la acción de mantenimiento que se iba a realizar. En base a los tiempos anteriores en realizar esta acción de mantenimiento, y el estudio de los procesos para hacer más eficiente los trabajos, documentado por compañeros que habían pasado la experiencia, se encontraba dicho conocimiento en la plataforma, utilizada por los miembros que se habían designado para la realización de dicho trabajo. Se miden los nuevos tiempos de actuación, y las mejoras observadas en la realización de dicho proceso.

Duración: Durante un día, durante una sesión de cuatro horas.

Factores a medir: Tiempos de actuación y comparación con los valores anteriores de la misma acción realizados de la manera tradicional por otros componentes de mantenimiento. Registro cualitativo de las mejoras observadas.

Resultados: El mantenimiento es fundamental para garantizar la disponibilidad de los equipos e instalaciones, y aumentar sus periodos de amortización mediante el aumento del ciclo de vida del equipamiento. Dentro de una gran empresa existen miles de acciones de mantenimiento, documentadas de manera breve, y basándose el aprendizaje en su realización, en el conocimiento compartido con otros compañeros o consultas de complejos manuales. En este caso el grupo, que previamente había utilizado el contenedor de conocimiento como método de aprendizaje y captar la experiencia de otros compañeros que habían realizado dicho trabajo anteriormente, se propuso realizar una operación de mantenimiento anual de uno de los 10 compresores de 500 kW que existen en las instalación de refrigeración industrial, mejorando el proceso y haciendo sus propias aportaciones para futuros mantenimientos. Los resultados obtenidos (Gráfica 2) muestran una disminución en la realización de dicha acción de mantenimiento de un 26% en relación con acciones anteriores realizadas y anotadas en los partes de trabajo con métodos tradicionales y realizadas normalmente por los mismos operarios (dependencia anterior de los operarios con dicha experiencia).



Gráfica 2. Tiempos utilizados en la acción de mantenimiento de un compresor. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

Como objetivos cualitativos observados en la investigación durante el proceso de este evento en relación a la acción de mantenimiento, se observó un aumento en la seguridad de las acciones a realizar por los miembros que actuaban, una mayor integración del grupo, y el concepto de explicitar aquellas acciones que hacían mejorar el proceso, para su utilización en las próximas actuaciones de mantenimiento. Hay que tener en cuenta que dentro de la empresa objeto de la presente investigación, las acciones de mantenimiento preventivo supone el 50% del tiempo total de toda la organización de mantenimiento, lo que implica, que aumentar en un determinado tanto por cien la eficiencia en tiempo en su realización (en este caso se ha estimado en un 26%), suponen unos ahorros importantes para toda la empresa.

5.3 Evento Kaizen 3 (mejora fiabilidad).

La fiabilidad afecta directamente sobre la seguridad en la continuidad de la producción o servicio a prestar, y ante fallos críticos no cíclicos puede constituir quebrantos económicos importantes en la empresa debido a costes directos e indirectos.

Identificación del problema: No se tienen identificados los fallos críticos, diagramas de acciones ante su actuación, así como identificación del análisis de criticidad de diversas instalaciones con un alto factor de incidencia sobre las funciones de la empresa.

Análisis de fallos críticos instalación refrigeración industrial.

Objetivo: Identificar los fallos críticos posibles de una gran instalación de refrigeración industrial, marcar tendencia para su eliminación, y documentar los procesos para su rápida actuación por parte de los operarios, en el caso de su incidencia.

Personal interviniente: 4 jefes de área de mantenimiento, con apoyo de el coordinador de gestión de conocimiento en mantenimiento.

Proceso del evento: Identificación de la instalación a tratar, realización de diagrama de bloques de la instalación, identificación mediante grupo de discusión de los puntos fundamentales críticos y decisiones de las mejores prácticas para su resolución o eliminación de la acción crítica. Posteriormente se documentan las acciones definidas para compartirlas con toda la organización y su agregación al contenedor de conocimiento como medio de auto-aprendizaje y consulta de todos los miembros. Se debe cuantificar el impacto económico sobre la empresa de los puntos críticos eliminados, o reducción del impacto por reducción de los tiempos de actuación.

Duración: Durante cuatro días, con sesiones de tres horas.

Factores a medir: Número de acciones identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad de la instalación a tratar.

Análisis de fallos instalación eléctrica alta tensión.

Objetivo: Identificar los fallos críticos posibles de una gran instalación de alta tensión, marcar tendencia para su eliminación, y documentar los procesos para su rápida actuación por parte de los operarios, en el caso de su incidencia.

Personal interviniente: 4 jefes de área de mantenimiento, con apoyo de el coordinador de gestión de conocimiento en mantenimiento.

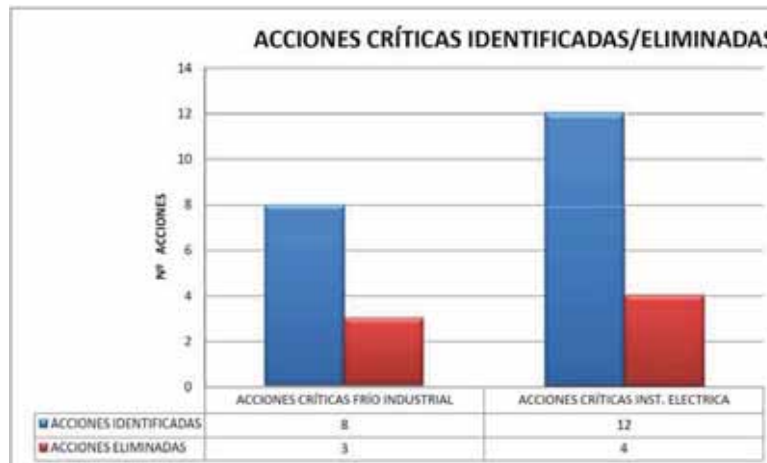
Proceso del evento: Identificación de la instalación a tratar, realización de diagrama de bloques de la instalación, identificación mediante grupo de discusión de los puntos fundamentales

críticos y decisiones de las mejores prácticas para su resolución o eliminación de la acción crítica. Posteriormente se documentan las acciones definidas para compartirlas con toda la organización y su agregación al contenedor de conocimiento como medio de auto-aprendizaje y consulta de todos los miembros. Se debe cuantificar el impacto económico sobre la empresa de los puntos críticos eliminados, o reducción del impacto por reducción de los tiempos de actuación.

Duración: Durante cuatro días, con sesiones de tres horas.

Factores a medir: Número de acciones identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad de la instalación a tratar, así mismo se identifican las acciones críticas que se pueden eliminar.

Resultados: Las acciones, elementos críticos y la fiabilidad de las instalaciones, eran conocidas por algunos de los miembros de la organización, sobre todo de una manera tácita en base a sus experiencias vividas. Se hace necesario un estudio de criticidad y fiabilidad de las instalaciones, extrayendo los puntos clave para tener en cuenta ante emergencias, así como la propuesta de eliminación de aquellos que pudieran ser evitables. Se realizó por parte de 4 jefes de área del análisis de dos instalaciones (Frío industrial e instalación eléctrica en alta tensión), extrayéndose puntos críticos a tener en cuenta y acciones eliminadas para disminuir su criticidad (Gráfica 3). Con este evento se forma al grupo al análisis y documentación de los puntos críticos de las instalaciones (Figura 5 y 6), se documentan manera de actuar ante acciones críticas, se eliminan puntos críticos evitables y que existían latentes en las instalaciones. El conocer cual son los puntos débiles y la fiabilidad de las instalaciones, tiene un gran valor estratégico en la empresa, con la anticipación y reducción de los tiempos ante fallo, que pueden producir un gran quebranto económico no previsto a la empresa.



Gráfica 3. Acciones críticas detectadas/eliminadas en las instalaciones estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

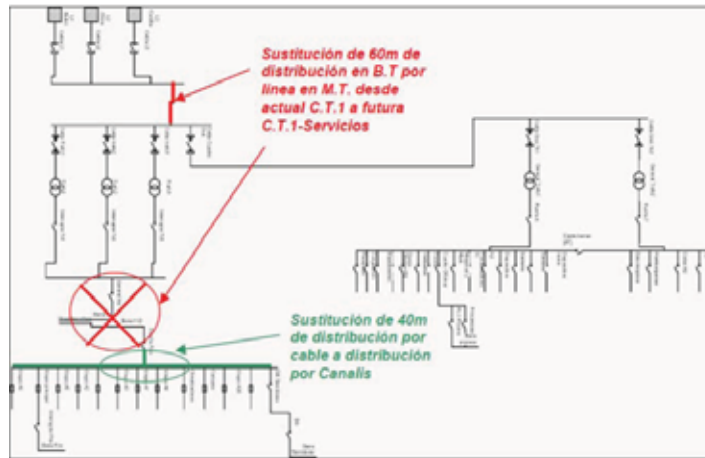


Figura 5. Ejemplo de una acción de aumento de la fiabilidad de la instalación eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

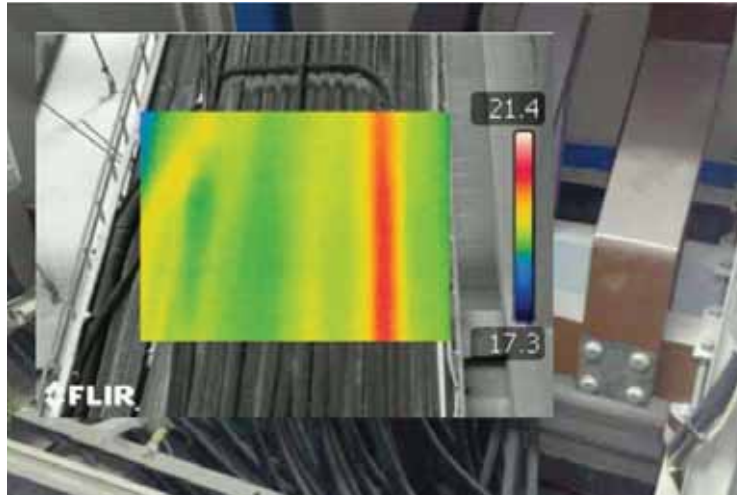


Figura 6. Ejemplo de una acción crítica por detección de posible fallo en la fiabilidad de una red general desde un centro de transformación, detectado por cámaras termográficas. Fuente: Elaboración propia.

5.4. Evento Kaizen 4 (mejora operatividad/ explotación).

La operación de las instalaciones o las líneas de producción es la primera línea de combate de las áreas de mantenimiento. Su misión es conseguir la continuidad de los procesos de la manera más eficiente mediante una serie de maniobras o acciones de reposición de consumibles que afectan al área productiva de la empresa.

Eliminación de paradas en líneas de producción (aumento del grado marcha).

Identificación del problema: El grado de marcha (Número de horas disponibles para producir en relación a las horas que se produce), es un factor que marca la productividad de una empresa. Esta tasa de marcha se ve reducida por las acciones normales de operación que se deben realizar para la disponibilidad total de las líneas de producción

Objetivo: Aumento del grado de marcha que se tiene en las líneas de producción, mediante la utilización de las mejores prácticas y formación de los operarios de mantenimiento adscritos a esta área.

Personal interviniente: Todo el personal de mantenimiento adscrito al área de producción (mecánicos productivos), que tras la utilización y consulta del contenedor del conocimiento donde están descritas las mejores prácticas y las experiencias operativas que afectan a la tasa de marcha, están asignados a dichas áreas de trabajo.

Proceso del evento: Los supervisores y jefes de área de mecánicos productivos, identifican los procesos clave que afectan a las diferentes líneas de producción y la manera de hacer más eficiente dichos procesos. Los mecánicos productivos hacen uso de la plataforma de conocimiento, para el aprendizaje de las mejoras prácticas o mejorar los procesos descritos con su aportación. El proceso es continuo durante un periodo que se ha medido su eficiencia de dos años.

Duración: En una primera fase, con formación y concienciación de todos los operarios en la utilización de las mejores experiencias operativas que afectan a las líneas de producción y utilización del contenedor del conocimiento. En una segunda fase con los supervisores y jefes de área para estudiar y documentar las mejores acciones que afectan a la tasa de marcha de producción, durante dos días en sesiones de cuatro horas. Posteriormente se han ido midiendo la evolución de la tasa de marcha, medido en periodos de seis meses durante dos años.

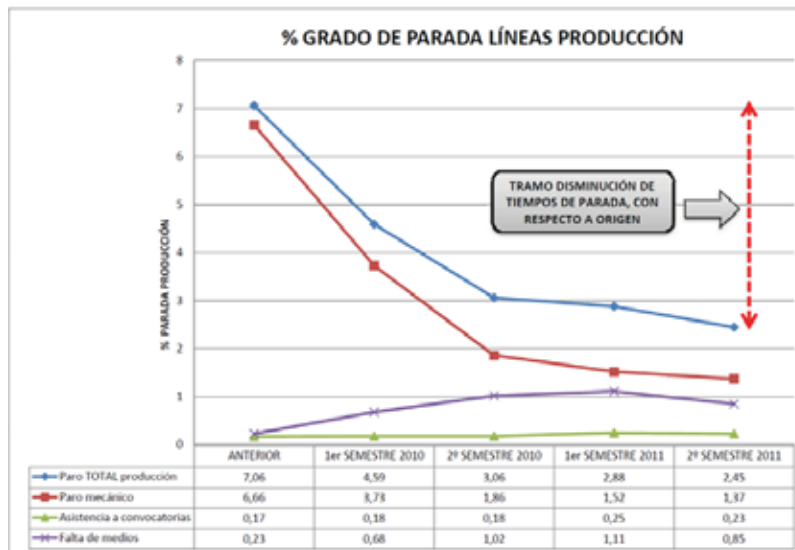
Factores a medir: Tasa de marcha en las líneas de producción, y cuantificación económica motivada por las mejoras debido a la adecuada utilización del conocimiento.

Resultados: El grado de marcha de las instalaciones dedicadas a la producción directa, es un factor importante, estudiado por el departamento de mantenimiento y el de producción, dado que afecta a todo el personal de producción y a la salida del producto previsto por la empresa. En base a los minutos repercutidos a producción (en base al número de personas involucradas en cada línea de producción y tiempos de reposición de la línea) (Tabla 3), se puede valorar la estimación de la repercusión económica de los minutos de parada que se suelen producir (por fallos mecánicos del equipamiento, reposición y cambios de consumibles, etc.). El grado de marcha antes de adopción de técnicas de gestión del conocimiento de la factoría estaba en torno al 90% en los años anteriores. Con la adopción de la recopilación de información estratégica, captura de las mejores prácticas, documentación de los fallos y paradas más comunes para saber su actuación, así como la formación y auto-aprendizaje de los empleados dedicados a dichas secciones por parte de mantenimiento (mecánicos productivos), se procedió a la medición de las mejoras detectadas, en base a la eliminación de la tasa de paro, haciendo aumentar de una manera significativa el grado de marcha de producción.

	ANTERIOR	1er SEMESTRE 2010	2º SEMESTRE 2010	1er SEMESTRE 2011	2º SEMESTRE 2011
Minutos totales producción	13902926	13902926	13902926	13902926	13902926
Minutos perdidos PRODUCCIÓN	981547	638144	425430	400404	340622
COSTE PERDIDAS (€)	569297	376505	251003	244247	207779
COSTE MINUTO	0,59	0,59	0,59	0,61	0,61
BENEFICIO SEMESTRE (EN REFERENCIA A SEMESTRE ANTERIOR)	- €	192.792 €	125.502 €	6.757 €	36.467 €
BENEFICIO SEMESTRE (EN REFERENCIA A ORIGEN)	- €	192.792 €	318.294 €	325.050 €	361.518 €
BENEFICIO TOTAL PERIODO 4 SEMESTRES		1.197.654 €			

Tabla 3. Análisis del grado de marcha de las líneas productivas. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en base a las mediciones realizadas semestralmente (Gráfica 4), la disminución de los tiempos de parada (fundamentalmente por paro mecánico, la parte de mayor control de mantenimiento), que han hecho aumentar de manera sustancial el grado de marcha.



Gráfica 4. Reducción de la tasa de paro en las líneas de producción, a partir de métodos de GC. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera se puede cuantificar de una manera aproximada los beneficios que repercuten a la empresa por la reducción de los tiempos de parada (Gráfica 5), que referenciándolos a los valores tradicionales obtenidos en los años anteriores, suponen un ahorro económico aproximado en 1.200.000 € en un periodo de medida de dos años.



Gráfica 5. Evolución económica por tasa de paro en las líneas de producción, a partir de métodos de GC. Fuente: Elaboración propia.

Maniobras en interruptores de alta tensión ante un disparo.

Identificación del problema: Ante maniobras de resolución de averías críticas y maniobras de apartamiento eléctrica ante un disparo fortuito no cíclico, suele haber unas fases de indeterminación e ineficiencia en las acciones a realizar que suponen un tiempo de parada superior en las áreas productivas de la empresa.

Objetivo: Medir los tiempos de actuación, ante una acción crítica definida (disparo de interruptores de alta tensión), y cuantificar la mejora que se produce en el personal que actúa que afecta a una de las instalaciones vitales para los desarrollos de producción de la empresa.

Personal interviniente: Ocho operarios de mantenimiento de las áreas de instalaciones, cuatro que han utilizado con asiduidad el contenedor de conocimiento, y cuatro que continuaban con las técnicas tradicionales.

Proceso del evento: En los contenedores de conocimiento están documentadas las acciones críticas y maniobras fundamentales que se deben realizar ante un evento de estas características. Estas maniobras fueron realizadas con anterioridad en diversas ocasiones debido a disparos fortuitos o fallo de la red de alimentación (tres veces en un periodo anterior de cuatro años). Se describe el fallo de una manera teórica a los dos grupos de operarios (los que han utilizado el contenedor de conocimiento y a los que continúan con acciones tradicionales), y se miden los tiempos de actuación y las impresiones que se producen en los dos grupos durante la realización del evento. Se cuantifican los factores tiempo y económico que afectan a la empresa y se registra explícitamente los factores de mejora.

Duración: Un día en una sesión de cuatro horas.

Factores a medir: Tiempo de resolución de la incidencia y factor económico a la empresa. Estimación cualitativa de otras mejoras que se detectan en las actuaciones.

Resultados: El tiempo de maniobra y actuación de elementos críticos de las instalaciones que alimentan a gran parte de las instalaciones de producción, es fundamental por la repercusión que tiene cada minuto de demora en su resolución. Se ha elegido de una manera teórica la propuesta de un fallo en el servicio eléctrico general de las instalaciones de producción por disparo de un interruptor de alta tensión (Figura 7). Este fallo se produjo en tres ocasiones anteriores (es un fallo no cíclico), en un periodo de ocho años, no siendo una maniobra común entre los miembros de mantenimiento, y la experiencia sólo está asumida por las personas que lo vivieron (de los cuales ninguno está en la empresa en la actualidad). Los tiempos de las tres incidencias comentadas que se vivieron, supusieron un tiempo de reposición de 55, 42 y 65 minutos respectivamente, suponiendo un coste económico mínimo de 72000 €, a la empresa. Para realizar la medición de una manera comparada (entre personal que ha utilizado el contenedor de conocimiento y personal que trabaja de manera tradicional), se han realizado dos grupos de trabajo, midiendo los tiempos de actuación en base a la realización del diagnóstico, preparación para la resolución y las acciones para la resolución o reposición del servicio (gráfica 6).



Figura 7. Zona de actuación de maniobras interruptores de alta tensión. Fuente: Elaboración propia

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUERTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



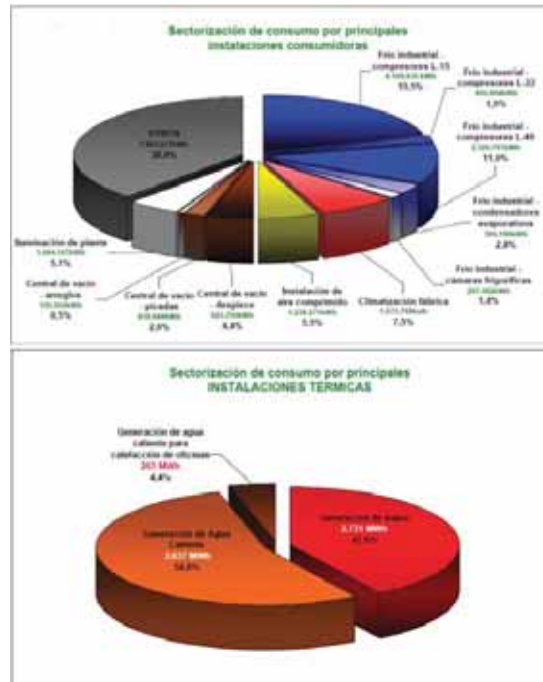
Gráfica 6. Tiempos de resolución de avería por rearmado celdas de alta tensión. Fuente: Elaboración propia.

De las mediciones realizadas, se observa una mejora en los tiempos de resolución de la avería y reposición del servicio por parte de los operarios que han utilizado la plataforma de conocimiento, suponiendo el tiempo menor (52%) de la reposición de dicha incidencia, implica un beneficio del entorno de los 35.000 €. De igual manera y de una manera cualitativa, se observó mayor grado de seguridad en sus decisiones y acciones por parte del grupo con formación en gestión del conocimiento, así como la utilización de la experiencia para mejorar los procesos explicitados en la plataforma.

5.5. Evento Kaizen 5 (mejora eficiencia energética).

La energía es uno de los factores económicos de mayor incidencia dentro de la empresa, dado que es un recurso que afecta a su nivel competitivo. La mejora de la eficiencia energética es una de las acciones estratégicas de mantenimiento, mediante el estudio y la adopción de técnicas para su mejora. Existen acciones de baja intensidad (concienciación para el uso de la energía, fugas de baja intensidad, etc.), cuya resolución conlleva acciones simples y poca inversión. Otro tipo de acciones conllevan un estudio más profundo e inversiones para atajar el despilfarro energético.

Del estudio energético de la empresa, se produce un profundo conocimiento de las instalaciones y equipos consumidores. La fase principal de comienzo mediante una auditoría energética, que determina la sectorización y cuantificación de los diferentes tipos de energía utilizada por la empresa hacia diferentes áreas de trabajo o equipamiento (Gráfica 7), marca la tendencia de las diferentes acciones a realizar, unas de baja intensidad que conllevan pequeñas modificaciones o concienciación de uso para encontrar ahorros significativos, y otras acciones de mayor entidad que requieren modificaciones o cambios de tecnologías con un retorno de la inversión mayor para amortizar la inversión para el ahorro energético previsto.



Gráfica 7. Sectorización y cuantificación del consumo energético, como base para el comienzo de la eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

Reducción de pérdidas energéticas de baja intensidad.

Identificación del problema: Existen muchas acciones para la eficiencia energética, en principio no tenidas en cuenta, pero cuando se identifican las acciones y se estima cuantitativamente su efecto, toma magnitudes relevantes. Estas acciones en numerosas ocasiones no suponen una inversión significativa, y sin embargo suponen un cambio de actitud de los equipos de trabajo y una mejora económica en el consumo energético de la empresa.

Objetivo: Mejora de la eficiencia energética de la empresa, mediante acciones de baja intensidad de inversión, mediante la utilización de las experiencias observadas y el contenedor de conocimiento en disposición de todos los operarios de mantenimiento.

Personal interviniente: Todo el personal de mantenimiento, que tras la utilización y consulta del contenedor del conocimiento donde están descritas las mejores prácticas y las experiencias para conseguir ahorro energético, llevan un seguimiento en sus actividades diarias.

Proceso del evento: En una primera fase, mediante auditorías energéticas y entrevistas con personal operativo de mantenimiento, se reúnen los factores detectados que pueden afectar a la eficiencia energética. Las medidas y conclusiones son incluidas en el contenedor de conocimiento al alcance de toda la organización, animando a introducir o potenciar nuevas acciones que pudieran ser detectadas. Los operarios hacen uso de la plataforma de conocimiento, introduciendo nuevas acciones en un proceso continuado. El proceso es continuo durante un periodo que se ha medido su eficiencia de un año.

Duración: En una primera fase, con formación y concienciación de todos los operarios en la utilización de las mejores experiencias para la eficiencia energética. En una segunda fase con los supervisores y jefes de área para estudiar y documentar las mejores acciones de eficiencia y

Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V
 ANUNCIO DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

auditorias energéticas. Posteriormente se han ido midiendo la evolución de los ahorros energéticos a partir de la adopción de las medidas.

Factores a medir: Energía ahorrada en diversos periodos debido a acciones de baja intensidad, promovidas por la utilización del conocimiento y las mejores prácticas para llevarlas a cabo.

Resultados: Tras la formación y charlas con todo el personal para perseguir las mejores prácticas para el ahorro energético, con utilización del contenedor de conocimiento como modo de consulta e inserción por parte de todos los componentes de mantenimiento de medidas observadas para la mejora de la eficiencia energética. De la utilización de la plataforma y la implicación de personal, se observaron y eliminaron numerosas fugas energéticas de baja intensidad, pero con su cuantificación tomaban un valor relevante. Ejemplos de dichas acciones, que conllevaban fugas energéticas durante años, fue la identificación de fugas térmicas por diversos puentes térmicos en numerosos puntos de la empresa (Figura 8). Otras acciones consistieron en la detección de perdidas energéticas, como consecuencia de otros fallos colaterales (por ejemplo fugas de la red de aire comprimido) (Gráfica 8), que conlleva el uso ineficiente de los compresores, con pérdida de energía, desgaste del equipamiento y aumento de las acciones de mantenimiento por mayor número de horas de uso del equipamiento. La concienciación del equipo de mantenimiento en las mejores prácticas de ahorro energético, introduce nuevo conocimiento en la organización, un conocimiento más profundo de los procesos energéticos en la empresa, y colateralmente, adquiere información y conocimiento sobre la mantenibilidad y la fiabilidad del equipamiento, con el uso eficiente de la energía como una de las materias primas fundamentales de la empresa.

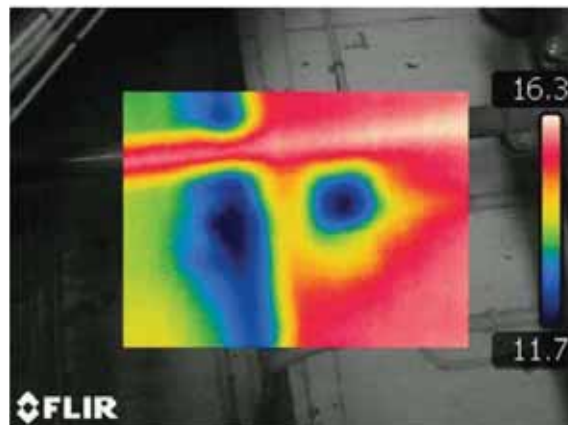
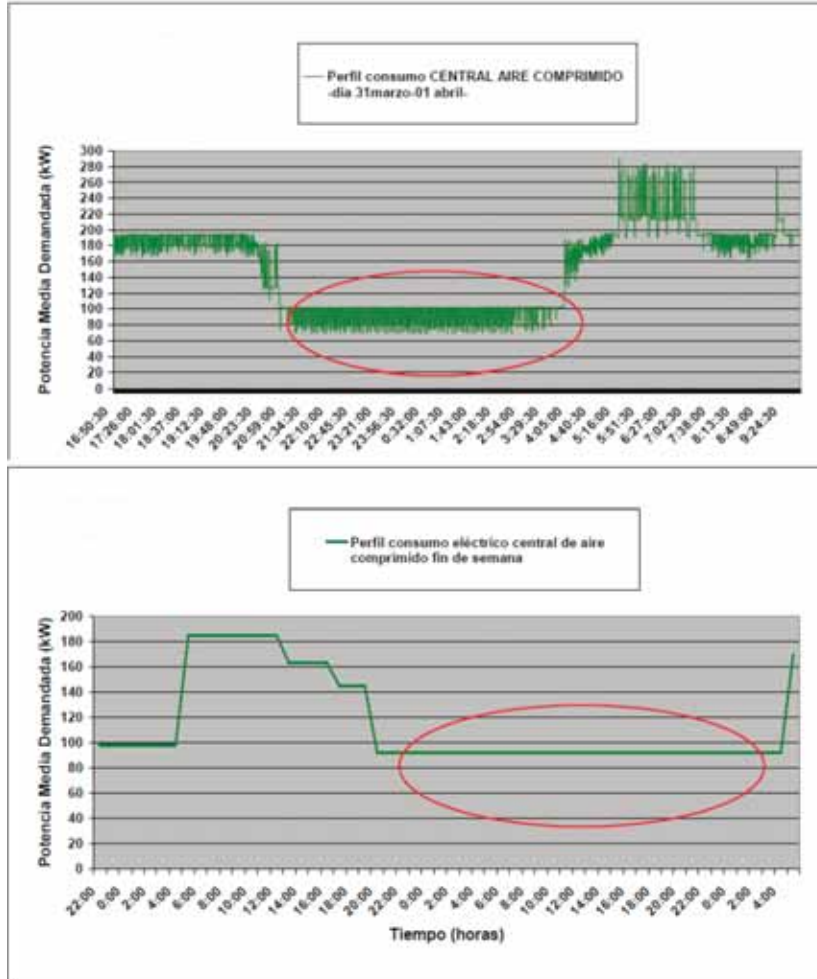


Figura 8. Detección de fugas térmicas de baja intensidad mediante cámaras termográficas. Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 8. Ejemplo de detección de fuga energética por fugas en red de aire comprimido. Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las acciones detectadas o corregidas, debe estar documentada para introducirla en el contenedor de conocimiento, para la consulta y adquisición de conocimiento de cualquier miembro de la organización, que sirva para recordar u abordar acciones futuras, en el seno de dicha factoría u de otras dependientes de la empresa (Figura 9)



Figura 9: Ejemplo de ficha de acción de eficiencia energética de baja intensidad, para los procesos de conocimiento de la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Mejora eficiencia energética en sistema refrigeración industrial.

Identificación del problema: El sistema de refrigeración industrial, es la instalación de mayor consumo energético en el ámbito de la empresa de estudio. Se pueden establecer acciones para mejorar la eficiencia energética de dichas instalaciones, mediante el estudio y la observación de su proceso, que pueden suponer inversiones económicas para la empresa, pero determinan un retorno rápido de la inversión. Normalmente estas acciones no son llevadas a cabo por la falta del estudio profundo y la falta de la cuantificación de la repercusión de la empresa.

Objetivo: Identificar acciones posibles a realizar en el ámbito de las instalaciones de refrigeración industrial, para análisis de la factibilidad y extrapolar los procedimientos para realizarlo en otras instalaciones con elevado consumo energético.

Personal interviniente: 4 jefes de área de mantenimiento, con apoyo de el coordinador de gestión de conocimiento en mantenimiento.

Proceso del evento: Basándose en las auditorías energéticas promovidas, y mediante reuniones de grupo, se identifican y cuantifican las mejores acciones y su cuantificación energética, que mediante un retorno de la inversión factible puedan ser ejecutadas.

Duración: En una primera fase, para la realización de las auditorías energéticas durante un periodo de tres meses. En una segunda fase con los supervisores y jefes de área para estudiar y documentar las mejores acciones de eficiencia y auditorías energéticas.

Factores a medir: Acciones detectadas en el ámbito de la instalación de refrigeración industrial y la cuantificación energética de las medidas detectadas.

Resultados: El sistema de refrigeración industrial es uno de los consumidores de energía principal de la empresa de estudio. Tras la formación y charlas con todo el personal para

perseguir las mejores prácticas para el ahorro energético, con utilización del contenedor de conocimiento como modo de consulta e inserción por parte de todos los componentes de mantenimiento de medidas observadas para la mejora de la eficiencia energética. Las acciones de eficiencia energética de alta intensidad, como son las propuestas hacia una instalación de este tipo, conlleva un proceso por parte de la organización de mantenimiento, de conocimiento más profundo de dicha instalación que repercutirá en otros factores como son la fiabilidad y la mantenibilidad de dichos componentes. Del estudio profundo por parte de la organización de mantenimiento de las instalaciones de refrigeración industrial, dan como resultado acciones que afectan a diferentes componentes, como son la actuación sobre los compresores para la regulación de velocidad, con la variación de la capacidad frigorífica adecuada al consumo demandado (Figura 10 y gráfica 9), así como otros tipos de acciones sobre los evaporadores, distribución de fluidos y eficiencia energética de las redes eléctricas que alimentan los compresores.

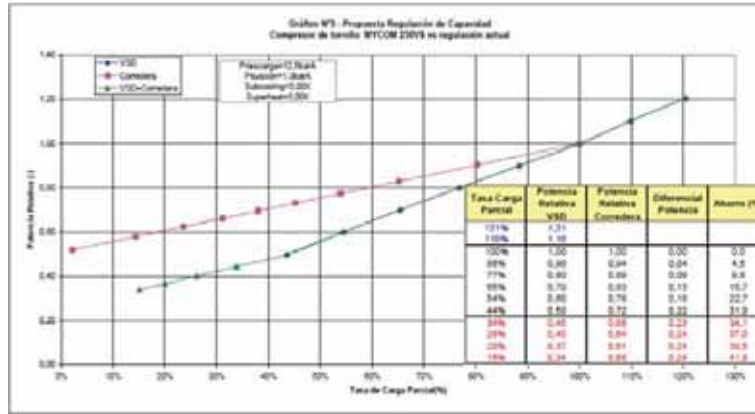
Este tipo de acciones de alta intensidad, promueven mayor unión en el equipo de mantenimiento, se habilita y se forma para el trabajo en grupo, e introduce nuevo conocimiento en la organización, un conocimiento más profundo de la instalación de frío industrial, adquiriendo información y conocimiento sobre la mantenibilidad y la fiabilidad de dicho equipamiento, que hace reducir las acciones de mantenimiento y aumento de la vida útil de dicha instalación, consiguiendo una mejora medioambiental cuantificable en ahorro de emisión de toneladas de CO2 equivalentes.



Figura 10: Ejemplo de ficha de acción de eficiencia energética de baja intensidad, para los procesos de conocimiento de la organización de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V
 Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE



Gráfica 9: Gráfica de operación del compresor según carga. Fuente: Elaboración propia.

Las tablas 4 y 5, muestran un listado de las principales acciones de eficiencia energética detectadas que involucran un ahorro anual de 1355 MWh de energía, y evitar un impacto ambiental de alrededor de 500 TnCO2 equivalentes, con un ahorro aproximado anual tras la puesta en marcha de las acciones de 113000 €, motivo que debe ser informado a toda la organización y designación de compensaciones (monetarias o no), entre todos los miembros de la organización.

FORMA DE ACCIÓN N°	Sector/ Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (MWh)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (M€)	Inversión estimada	ROI (años)
1	Suministro eléctrico - Aumento de potencia contratada		-	-	10,3	-	-
2	Instalación eléctrica de fábrica = Instalación de sistema de supervisión para el control y monitorización del consumo eléctrico de planta		405,411	193,4	55,6	60,6	1,8
3	Instalación eléctrica de fábrica = Mejora distribución eléctrica línea de CT1 a Cuadro de distribución de frío		29,884	11,1	3,5	-	-
4.1	Instalación de frío industrial = Instalación de variación de velocidad en compresor de frío AS		201,707	74,6	10,3	30,4	3,0
4.2	Instalación de frío industrial = Instalación de variación de velocidad en compresor de frío AS		154,522	68,5	14,5	30,6	4,0
5	Instalación de frío industrial = Instalación de variación de velocidad en condensadores evaporativos		192,557	71,4	10,3	24,8	1,8
6.1	Instalación de aire comprimido industrial = Instalación de centralita de control multicompresor		85,301	31,6	7,0	3,5	0,5
6.2	Instalación de aire comprimido industrial = Reducción de consumo residual		-	-	-	-	-
6.3	Instalación de aire comprimido industrial = Reducción de fugas		118,780	43,5	9,7	-	-

Tabla 4. Resumen de fichas de acciones de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.



FECHA DE ACCIÓN Nº	Servicio / Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (KWH)	Reducción emisiones (TnCO ₂)	Ahorro estimado (€/año)	Inversión estimada	ROI (años)
7	Instalación de vacío - Reducción de consumo residual		Incluido en acción nº2	Incluido en acción nº2	Incluido en acción nº2	Incluido en acción nº2	-
8	Instalación eléctrica de fábrica - Optimización sistema de alumbrado interior		126.500	48,8	13,2	6,4	0,48
9	Instalación distribución de fluidos - Mejora aislamiento tuberías distribución de fluidos		4.120	1,58	> 0,43	-	-
TOTAL			1.350.624	499,8	113,5	204	1,8

Tabla 5. Resumen de fichas de acciones de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

5.6. Evento Kaizen 6 (disminución tiempos acoplamiento nuevo personal).

Mejora en los tiempos de acoplamiento de nuevo personal.

Cuando se acopla nuevo personal de mantenimiento en empresas con instalaciones de gran magnitud, se produce un desfase entre la fecha de entrada de dichos operarios, en relación a la fecha en que se considera por parte de la organización que es totalmente operativo, debido al conocimiento de las instalaciones, ubicación de los puntos fundamentales de maniobra, actuación ante fallos, etc. El uso de plataformas donde se encuentre la información útil y el conocimiento operativo del resto de los operarios, puede reducir dichos tiempos de actuación de una manera significativa.

Identificación del problema: Elevado tiempo de acoplamiento de nuevo personal dentro de las áreas de mantenimiento. Tiempo de ineficiente en la organización. Dependencia de los empleados con experiencia.

Objetivo: Medición de los tiempos de acoplamiento de mantenimiento, de nuevos empleados que han utilizado el contenedor de conocimiento con las mejores experiencias del resto de los compañeros, e información estratégica útil y concisa. Se persigue disminuir los tiempos de acoplamiento del nuevo personal.

Personal interviniente: 10 operarios de mantenimiento de nueva entrada en dos etapas (cinco en 2010 y cinco en 2011) que han utilizado la plataforma de gestión de conocimiento.

Proceso del evento: En una primera fase se comenzaba con la introducción y formación sobre la gestión del conocimiento en mantenimiento, y utilización de la plataforma como método de auto-aprendizaje en su aplicación en la empresa.

Duración: Durante tres días, con charlas formativas y de concienciación de tres horas diarias. Posteriormente se observa mediante observación cualitativa y percepción de sus jefes inmediatos, considerando la mejora en el acoplamiento de dicho personal, en el transcurso de los meses.

Factores a medir: Nuevo tiempo de acoplamiento de personal de nueva entrada, cotejándolo con los tiempos anteriores utilizados anteriores a la aplicación de técnicas de gestión del conocimiento.

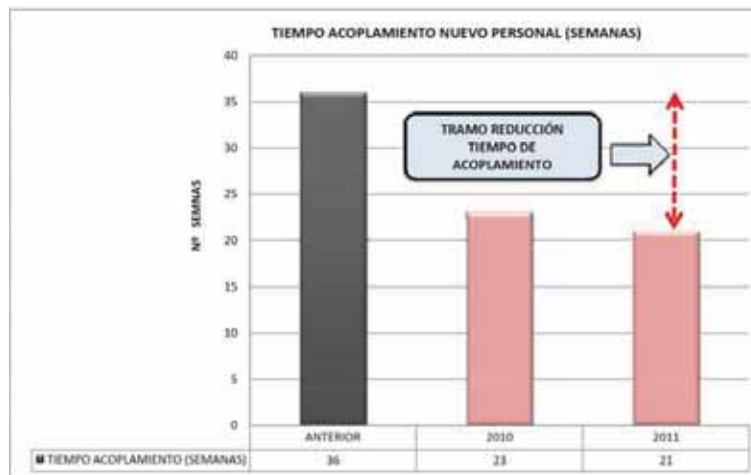
Resultados: Los tiempos de acoplamiento de nuevo personal, en etapas anteriores, según la constancia y percepción de los diferentes jefes de mantenimiento, oscilaban entre las 36 y 45 semanas, dependiendo el área de actividad. Con el uso de plataformas donde se encuentre la

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPOSTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

información útil y el conocimiento operativo del resto de los operarios, puede reducir dichos tiempos de actuación de una manera significativa, utilizándose esta como parte del sistema de auto-aprendizaje de los nuevos operarios. Se midieron tiempos de acoplamiento inferiores (Gráfica 10), bajo el juicio de los responsable de mantenimiento, con una reducción aproximada de 13 semanas en los tiempos de acoplamiento (36%). Eso conlleva un beneficio económico importante en empresas con rotación importante de personal, y una mejora en la eficiencia de los trabajos de mantenimiento, según observaciones cualitativas de los responsables de mantenimiento.



Gráfica 10. Tiempo de acoplamiento del personal y evolución con técnicas de GC. Fuente: Elaboración propia.

6. Discusión.

Los resultados obtenidos con los eventos kaizen implementados en esta investigación se consideran para tres fines principales:

- Como medio para fomentar las mejores prácticas y las experiencias anteriores de los operarios, con el fin de preparar una organización de mantenimiento en las técnicas de gestión del conocimiento, que permita socializar toda la información y conocimiento estratégico que tiene la organización de mantenimiento, para su transferencia y utilización entre todos los miembros.
- Como medio de aprendizaje, y captación de nuevos métodos y estrategias de trabajo enfocado hacia el conocimiento de diferentes actividades estratégicas.
- Como medio de medición de las bonanzas o barreras en la transferencia del conocimiento y el análisis cuantitativo y cualitativo que se detecta con ello.

De eventos presentados en la presente investigación se pueden hacer ciertas consideraciones avaladas por los resultados obtenidos:

- ♦ A nivel cualitativo se observó que la adopción de modelos de gestión de conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, infundía de manera general en todos los miembros de la organización:
- ♦ Un efecto multiplicador en el conocimiento adquirido, por absorción de las mejores experiencias y prácticas de trabajo relevantes del resto de los compañeros.
- ♦ Un aumento en la seguridad en la realización de los trabajos y decisiones ante averías por los miembros operativos de mantenimiento.



- ♦ Mayor integración del trabajo en grupo, rompiendo en gran medida las barreras individualistas, característica típica de la mayoría de las organizaciones de mantenimiento.
- ♦ Una mayor implicación del personal, por la relevancia de introducir sus propias experiencias de manera adecuada y utilizar las de sus compañeros.
- ♦ Reducción del stress de los supervisores y jefes de mantenimiento, por quitar el nivel de “imprescindibles”, en todo momento.
- ♦ Reducción de la dependencia de la empresa en empleados considerados “insustituibles”, por el conocimiento estratégico manejado de manera tácita.

A nivel cuantitativo y visible, en estos eventos se ha podido ver la adecuación y mejora que se produce en la organización de mantenimiento y a nivel económico en la empresa, por la adecuada utilización del conocimiento dentro de una organización de mantenimiento (Tabla 6).

RESUMEN RESULTADOS DE LOS EVENTOS KAIZEN				
Nº	EVENTO	RESULTADOS CUANTITATIVOS	RESULTADOS CUALITATIVOS	OBSERVACIONES
1	Implicación de los operarios de mantenimiento en un modelo de gestión del conocimiento en función de las actividades estratégicas.	Aumenta de una manera significativa la captación de conocimiento estratégico por parte de los operarios de mantenimiento en el contenedor de conocimiento.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar; Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo; Aumento del conocimiento compartido; Mayor proactividad de los empleados. Se persigue eliminar islas de conocimiento y la cohesión del equipo.	Se observa continuidad en los proyectos de gestión del conocimiento, por la implicación del personal.
2	Mejora en la eficiencia ante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.	Los procesos de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo se ven mejorados, aumentándose su eficiencia en su ejecución y acusándose una reducción en su tiempo del 26%.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar; Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo; Aumento del conocimiento compartido; Mayor proactividad de los empleados.	Si tenemos en cuenta que existen miles de acciones de mantenimiento, y que el tiempo total aproximado dedicado por la organización de mantenimiento a las acciones de preventivo/correctivo es del 50% del tiempo total de todos sus miembros, se puede estimar la importancia económica y de aumento de rendimiento que significa a la organización.
3	Análisis de fallos críticos instalación refrigeración industrial. Análisis de fallos instalación eléctrica alta tensión.	En las pruebas realizadas sobre respuesta a la resolución de una acción crítica no cíclica o reposición de emergencia (reposición de interruptores de alta tensión), se observa una reducción de tiempo en su resolución del 52%.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar; Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo; Aumento de compartición del conocimiento; Mayor proactividad de los empleados; Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad.	La reducción en el tiempo de resolución de la avería significa un importante impacto económico en la empresa, ante estos tipos de averías no cíclicas que suponen un importante coste económico no previsto.
4	Reducción de las tasas de fallos en las líneas de producción. Maniobras en interruptores de alta tensión ante un disparo.	De los datos obtenidos se observa una mejora económica repercutida de aproximadamente 1.200.000 € en un periodo de 2 años.	Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad de la instalación a tratar, así mismo se identifican las acciones críticas que se pueden eliminar.	Se aumenta de una manera significativa el grado de marcha de las líneas de producción de la empresa.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUERTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

5	Aumento de la eficiencia energética, mediante acciones puntuales.	Ahorros anuales por la adopción e identificación de medidas de eficiencia energética del entorno de 113.000 €. Reducción de emisiones de aproximadamente 499 TnCO ₂ .	Aumento de la mejora en eficiencia energética de la empresa, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento.	Mejora de la conciencia medioambiental de la empresa.
6	Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal de mantenimiento.	Disminución en el tiempo de acoplamiento del nuevo personal, que supone una mejora económica en la organización por eliminar tiempos no productivos de dicho personal de nueva entrada en la empresa (reducción de un 36% del tiempo).	Utilización de plataforma tecnológica para la gestión del conocimiento, como medio de auto-aprendizaje del nuevo personal. Objetivo reducir elevados tiempos de acoplamiento del nuevo personal. Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar; Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo; Aumento del conocimiento compartido.	Teniendo en cuenta que en las organizaciones de mantenimiento, la rotación personal está entre el 5 al 10 % anual (en la empresa analizada está en una media del 6%), ello supone una mejora económica por ser operativo plenamente dicho personal, en un menor tiempo.

Tabla 6. Resumen de resultados observados. Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las mediciones realizadas en base al seguimiento de los eventos, se detecta la mejora sustancial hacia el aumento del grado de marcha en las líneas de producción, reduciéndose la tasa de fallo, fundamentalmente en la parte debida a paros mecánicos y cuantificándose los beneficios de la metodología en una repercusión en relación al origen (grado de marcha anterior entorno al 90%), dicho valor se ha cuantificado en aproximadamente en 1.200.000 €, validándose los procesos realizados y el esfuerzo requerido para la puesta en marcha de un modelo de gestión del conocimiento en mantenimiento.

De igual manera se ha confirmado que la utilización del contenedor de conocimiento, afianza la seguridad de los operarios, asumen de una manera progresiva las mejores experiencias de sus compañeros, y ayuda a mejorar los procesos normales de actividades de mantenimiento (en el evento propuesto se ha visto una reducción de tiempo en su ejecución de aproximadamente un 26%, con respecto a mediciones anteriores que se habían realizado mediante metodologías tradicionales basadas en el conocimiento tácito de los empleados. Esta mejoría extrapolada a todas las acciones de mantenimiento que se deben realizar en la empresa (aproximadamente el 50% de todos los trabajos realizados por los operarios de mantenimiento), supone una mejoría sustancial en la eficiencia de los procesos y un tiempo que puede ser utilizado en la mejora de otras acciones, que siempre existen, dado el carácter de saturación en que trabajan normalmente los departamentos de mantenimiento.

Por medio de las acciones para el conocimiento de las instalaciones, primero mediante auditorias energéticas y la captación de las mejores experiencias para conseguir ahorro energético, se estimo un ahorro anual en base sólo a las acciones fundamentales detectadas y documentadas de aproximadamente 113.000 €, así como la consecuencia repercusión en la mejora medio ambiental con la reducción de emisiones de aproximadamente 499 TnCO₂, y un ahorro energético cifrado en 1350 MWh. Así mismo se aumentó la concienciación e implicación de la organización en relación a la eficiencia energética.

Se reducen los tiempos ante actuaciones de emergencia, que normalmente generan gasto no previsible por la organización y un quebranto de su nivel financiero, reduciéndose los tiempos de reposición de servicio ante acciones no cíclicas, normalmente no realizadas por los operarios (se producen en intervalos de tiempo largos). Esa reducción de tiempo, dado que dichas acciones críticas alimentan gran parte de la organización y principalmente las áreas de



producción, supone un coste menor significativo en el caso de producirse, y un ahorro en un coste no previsto.

De igual manera en los eventos para detectar los puntos críticos de las instalación, con el análisis de criticidad y fiabilidad, se adelantan y se centra el conocimiento en aumentar la eficiencia de todos los sistemas y adelantarse a la reacción ante posibles causas que influyan de manera notable en la tasa de funcionamiento de la empresa.

La implicación de los operarios y los técnicos de mantenimiento es un facilitador y condición indispensable, en un proceso que podríamos definir en mejoramiento continuo. Por propia definición de mejora continua los operarios deben participar en el proceso y sin ello, no se puede llevar a cabo su realización (Jorgensen et al., 2003).

La existencia del gestor de gestión del conocimiento en mantenimiento, es vital para la continuidad del proyecto de captación y utilización del conocimiento estratégico, que normalmente y por la propias características de los servicios de mantenimiento (recursos muy restringidos), hace que no se pueda dedicar a tiempo completo a dicha tarea. Se hace necesaria una estricta división de funciones y tiempo para este líder que deba encargarse de ello, de modo que la actividad principal en mantenimiento no le impida desarrollar su trabajo en el proyecto de gestión de conocimiento, que se demuestra que es rentable para la empresa.

Las actividades desarrolladas durante los eventos Kaizen, han permitido a los miembros de la organización de mantenimiento involucrados, tanto las jefaturas como las áreas operativas, fortalecer la cultura del análisis y participación de las actividades enfocadas a la productividad y desempeño exitoso, utilizando los contenedores de conocimiento. La utilizada de visionar los resultados obtenidos, invita a afrontar futuros eventos similares, permitiendo que el espíritu del equipo mejore, para colocarlos en una espiral virtuosa en función a que mejores resultados y una efectiva participación tanto en el análisis, como en las acciones ejercidas en la búsqueda de mejora de la eficiencia de los procesos y de ahorros específicos. El reconocimiento de las contribuciones y labor realizada por los operarios de mantenimiento, motiva de una manera tal que los resultados se superan cuando el equipo de trabajo evalúa el impacto favorable que puede tener su participación.

Existen diferentes formas de abordar problemas ó áreas de oportunidad para mejora en una organización. Metodologías como el Kaizen, se compagina de una manera esencial, para desarrollar y medir estrategias de gestión del conocimiento dentro de la actividad de mantenimiento, permitiendo resultados favorables cuando se aplican adecuadamente y con los recursos adecuados, obteniendo resultados con clara tendencia hacia el mejoramiento continuo, que actúan sobre resultados económicos y de eficiencia de la organización.

De los resultados obtenidos en la presente investigación con la realización de los eventos tratados, se confirma la mejoría significativa y la eficiencia operacional de utilización de un modelo de GC en mantenimiento, que actúan sobre las actividades estratégicas de la empresa, y que redundan en unos beneficios económicos tangibles, así como otros intangibles como son la mejora en los procesos de trabajo en grupo, mayor implicación y motivación de los operarios, concienciación de las acciones e importancia de la eficiencia energética, y mayor sentido de la seguridad ante decisiones y acciones no cíclicas por parte de los operarios de mantenimiento, así como la detección y previsión de averías y maniobras de emergencia, que con su eliminación supondría acotar costes económicos de dimensiones importantes, que sólo por ello justificaría el esfuerzo en tiempo y económico que supone a la empresa el plantear un modelo de gestión del conocimiento en las áreas de mantenimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUERTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

7. Conclusiones

El presente artículo pretende mostrar y medir mediante eventos kaizen programados, de la conveniencia de utilizar la adecuada gestión del conocimiento en su aplicación directa en los departamentos de mantenimiento de una empresa de tipo industrial, donde existe un alto componente de experiencia y conocimiento tácito que está implícito en la mayor parte de sus acciones, y que dificulta su transferencia. Además el artículo ayuda a las empresas a identificar los elementos y procesos claves para poder mejorar sus servicios de mantenimiento y facilitar la extensión de la misma a todas las áreas de la empresa.

En el caso de la metodología Kaizen que agrupa una serie de herramientas y técnicas para la mejora continua, cuya aplicación consistente garantiza cambios en sentido favorable para los objetivos que se persiguen, presenta resultados con una comprobación de mejora, como lo es el caso de la presente investigación, en donde las evidencias demuestran que la utilización de plataformas de gestión del conocimiento es rentable de una manera muy significativa para las estrategias de la organización (Rees et al., 2009), asumiéndose como justificados los esfuerzos económicos y de tiempo, necesarios para recopilar y transmitir el conocimiento estratégico de la organización de mantenimiento.

Las principales contribuciones de la investigación que se presentan en este artículo, evidenciado por los eventos kaizen realizados confirman que la utilización de modelos de gestión del conocimiento aumentan la eficiencia en el desempeño de la actividad de mantenimiento, se podrían resumir de la siguiente manera:

- La aplicación de modelos de gestión del conocimiento en la ingeniería del mantenimiento industrial, aumenta el grado de marcha (menor tiempo de parada) de las líneas de producción, aumentando su fiabilidad (de los datos obtenidos se observa una mejora económica repercutida de aproximadamente 1.200.000 € en un periodo de 2 años).
- Aumenta la eficiencia energética y la concienciación en el respeto medioambiental, consiguiéndose unos ahorros anuales por la adopción e identificación de medidas de eficiencia energética del entorno de 113.000 €.
- Los procesos de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo se ven mejorados, aumentándose su eficiencia en su ejecución y acusándose una reducción en su tiempo del 26%. Este dato está referenciado a una acción determinada de mantenimiento (compresores de tornillo), pero si tenemos en cuenta que existen miles de acciones de mantenimiento, y que el tiempo total aproximado dedicado por la organización de mantenimiento a las acciones de preventivo/correctivo es del 50% del tiempo total de todos sus miembros, se puede estimar la importancia económica y de aumento de rendimiento que significa a la organización.
- En las pruebas realizadas sobre respuesta a la resolución de una acción crítica no cíclica o reposición de emergencia (reposición de interruptores de alta tensión), se observa una reducción de tiempo en su resolución del 52%. Dicha reducción en el tiempo de resolución de la avería significa un importante impacto económico en la empresa, ante estos tipos de averías no cíclicas que suponen un importante coste económico no previsto.
- Se ha observado una disminución en el tiempo de acoplamiento del nuevo personal, que supone una mejora económica en la organización por eliminar tiempos no productivos de dicho personal de nueva entrada en la empresa (reducción de un 36% del tiempo). Teniendo en cuenta que en las organizaciones de mantenimiento, la rotación personal está entre el 5 al 10 % anual (en la empresa analizada está en una media del 6%), ello supone una mejora económica por ser operativo plenamente dicho personal, en un menor tiempo.

- Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad de la instalación a tratar, así mismo se identifican las acciones críticas que se pueden eliminar. El conocer cual son los puntos débiles y la fiabilidad de las instalaciones, tiene un gran valor estratégico en la empresa, con la anticipación y reducción de los tiempos ante fallo, que pueden producir un gran quebranto económico no previsto a la empresa.

- Como beneficios no tangibles que se obtienen en el equipo, se observa la mejora en los procesos de trabajo en grupo, mayor implicación y motivación de los operarios, concienciación en las acciones e importancia de la eficiencia energética, y mayor sentido de la seguridad ante decisiones y acciones no cíclicas por parte de los operarios de mantenimiento.

La presente investigación se ha hecho sobre la base de una organización de mantenimiento industrial de una empresa industrial del sector alimentario, previamente seleccionada. Esta es la principal limitación del estudio, dado que el modelo no puede generalizarse a cualquier tipo de empresa, sin adaptar y estudiar previamente la incidencia de las acciones estratégicas de mantenimiento en otros sectores y regiones. Por ello, se considera adecuado que en investigaciones futuras se contraste si los resultados de esta investigación son también representativos en otros sectores o países.

La principal limitación de este estudio está en que la empresa donde se ha investigando y modelado la implantación del modelo planteado de gestión de conocimiento en mantenimiento, pertenece al sector industrial alimentario, con diversas factorías a nivel nacional. El resultado puede ser extensible a otros sectores y otros ámbitos territoriales, dado que aunque las instalaciones y los procesos productivos pueden variar de una empresa a otra, la esencia de las acciones estratégicas de mantenimiento están presentes en todas ellas, aunque con otra posible ponderación de su incidencia, diferente a las planteadas en este estudio.

Debido a esto, los autores piensan que el resultado de la investigación puede ser generalizable a diferentes sectores y no sólo al sector alimentario. Este modelo en sectores de servicios como pueden ser el de infraestructuras hoteleras, grandes centros comerciales, empresas de distribución de energía eléctrica o distribución de agua sanitaria, etc., podría ser adaptado, teniendo en cuenta el desempeño del sector tratado.

Sería conveniente también, continuar con la línea de investigación realizando un análisis cuantitativo que permita validar los resultados cualitativos del presente estudio, tanto en el alimentario, como en otros sectores.

8. Referencias

- | | |
|--|---|
| <p>Ablanedo-Rosas, H.; Alidaee, B. (2010). Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organizations. <i>International Journal of Production Research</i>. Volume 48, Issue 23, pages 7063-7087. DOI:10.1080/00207540903382865.</p> <p>Aoki, K. (2008) "Transferring Japanese Kaizen activities to overseas plants in China", <i>International Journal of Operation & Production Management</i>, 28, No. 6, pp. 518-539.</p> | <p>Bessant, J. (2003). <i>High Involvement Innovation</i>. Chichester West Success. John Wiley and Sons Ltd. England.</p> <p>Bhuiyan, N.; Baghel, A. (2005). An Overview of Continuous Improvement: From the Past to the Present. <i>Management Decision</i>, 43, No. 5, pp.761-771.</p> <p>Brunet, A.P.; New, S. (2003). Kaizen in Japan: an Empirical Study. <i>International journal of Operations & Production Management</i>, 23, No. 12, pp. 1426-1446.</p> |
|--|---|

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

- Bueno, E. (2002). La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en La Sociedad del Conocimiento, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.
- Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Cheser, R. (1998). The Effect of Japanese Kaizen on Employee Motivation in US Manufacturing. The International Journal of Organizational Analysis, 6, No. 3, pp. 197-217.
- Dahlgaard, J.J.; Dahlgaard-Park, S. (2006). Lean Production, Six Sigma Quality, TQM and Company Culture. The TQM Magazine, 18, No. 3, pp. 263-281.
- Deming, W. E. (1989). Calidad, productividad y competitividad. La salida de la Crisis. Ediciones Díaz de Santos, S.A. México.
- Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case studies research. Academy of Management Review, 14(4), 532-550.
- Elgar, T.; Smith, C. (1994). Global Japanization: The Transnational Transformation for the Labour Process. Routledge. London.
- Evans, J. William M. Lindsay (2005). Administración y Control de la Calidad. Internacional Thomson Editores, México.
- Hino, S. (2006). Inside the Mind of Toyota. New York: Productivity Press.
- Huntzinger, J., (2002). The Roots of Lean.Training Within Industry: The Origen of Kaizen, Association for manufacturing Excellence, 18, N°2.
- Imai, M. (1998). Cómo implementar el kaizen en el sitio de trabajo (gemba). McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Imai, M. (2006). ¿What is Total Flow Management under Kaizen Approach?. 3rd. Day of Kaizen Course. Barcelona, Spain: Kaizen Institute Spain.
- Jaca-García, C.; Mateo-Dueñas, R. (2010). Sostenibilidad de los sistemas de mejora continua en la industria: encuesta en la Comunidad Autónoma Vasca y Navarra”, Intangible Capital, Vol.6, Num. 1, pp. 51-77.
- Jorgensen, F.; Boer, H.; Gertsen, F. (2003): Jump-Starting Continuous Improvement Through Self-Assessment. International Journal of Operations & Production Management, 23 (10): 1260-1278.
- Liker, J. (2004). The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw-Hill.
- Malloch, H. (1997). Strategic and HRM aspects of kaizen: a case study. New Technology, Work and Employment, 12, No. 2, pp. 108-122.
- Manos, A. (2007). The benefits of Kaizen and Kaizen events. Quality Progress, 40, No. 2, p. 47.
- Montabon, F. (2005).Using Kaizen Events for Back Office Processes: Recruitment of frontline Supervisor Co-ops. Total Quality Management and Business Excellence, 16, No. 10, pp. 1139-1147.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). La Organización Creadora de Conocimiento. Oxford. México.
- Nonaka, I., Takeuchi, N. (1995). The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Ortiz, C. (2009). Kaizen and Kaizen event implementation. Prentice-Hall, New York.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector público. Ed. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.
- Rees, S. J. and Protheroe, H. (2009). “Value, Kaizen and Knowledge Management: Developing a Knowledge Management Strategy for Southampton Solent University.” The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 7 Issue 1 2009, pp. 135 - 144, available online at www.ejkm.com.
- Rodríguez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica. Educar, 37:25-39.
- Rodríguez, G.; Gil, F.,J.; García, J. (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Spear, S. (2004). Learning to Lead at Toyota. Harvard Business Review, 82, No. 5, pp. 78-86.
- Suárez-Barraza, M.F. (2001) "La filosofía del Kaizen, una aplicación práctica en un área de servicio del sector público", Revista CONTACTO. La revista de la Calidad Total, 11, pp. 11-16.
- Suárez-Barraza, M.F. (2007) El Kaizen: La filosofía de Mejora Continua e Innovación Incremental detrás de la Administración por Calidad Total. México, D.F.: Panorama.
- Suárez-Barraza, M.F.; Miguel-Dávila, J.A. (2009A). Encontrando al Kaizen: Un análisis teórico de la Mejora Continua. Pecnía, 7, pp. 285-311.
- Suárez-Barraza, M.F.; Miguel-Dávila, J.A. (2009B). En la búsqueda de un Espacio de Sostenibilidad: un estudio empírico de la aplicación de la Mejora Continua de Procesos en Ayuntamientos Españoles. Innovar. Journal of Administrative and Social Sciences, Vol. 19, Num. 35, pp. 47-64.
- Suárez-Barraza, M.F.; Ramis-Pujol, J. (2008). Aplicación y evolución de la Mejora



- Continua de Procesos en la Administración Pública. Journal Globalization, Competitiveness & Governability, Vol. 2, Num. 1, pp. 74-86.
- Svensson, G. (2006). Sustainable Quality Management: a Strategic Perspective. The TQM Magazine, 18, No. 1, pp. 22-29.
- Wiig, K.M., (1997). Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management, Long Range Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.
- Zapata, L.,(2001). La Gestión del Conocimiento en Pequeñas Empresas de Tecnología de la Información: Una Investigación Exploratoria. Document de treball núm. 2001/8. Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS	Capítulo V	Capítulo IV	Capítulo III	Capítulo II	Capítulo I
--------	---	------------	-------------	--------------	-------------	------------



6.2. El trinomio “Eficiencia energética, Fiabilidad, Mantenibilidad”: Relaciones y mejora con técnicas de gestión del conocimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE



El trinomio “Eficiencia energética, Fiabilidad, Mantenibilidad”: Relaciones y mejora con técnicas de gestión del conocimiento.

F. Javier Cárcel Carrasco*

** Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica
de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia,
España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: Dentro de la planta industrial o edificios de servicios terciarios con gran volumen de instalaciones y equipamiento, la ingeniería del mantenimiento industrial, trata de realizar una misión trascendental para la empresa, consiguiendo la fiabilidad requerida para el proceso a cumplir, alcanzar la disponibilidad adecuada con técnicas adecuadas de mantenimiento, y perseguir la adecuada eficiencia energética que afecta en gran medida a factores económicos de la empresa. Por el carácter intrínseco tradicional de funcionamiento de los departamentos de mantenimiento, funcionan con un gran componente de conocimiento tácito, que implican islas de conocimiento dentro de la organización, que dificultan la transmisión y utilización del conocimiento estratégico, volviendo a pasar cada uno de los miembros del personal por la misma experiencia, para poder llegar a utilizarla con eficiencia. Este carácter de información y conocimiento desestructurado, hace que en muchas ocasiones, el trinomio fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética, sea analizado por separado, cuando tienen relaciones en base a la información y conocimiento que las unen íntimamente. En este artículo, se muestra las conclusiones de un estudio empírico realizado en una empresa industrial de la comunidad valenciana (España) durante dos años, donde se han introducido un modelo de gestión del conocimiento para el departamento de mantenimiento para mejorar sus actividades estratégicas fundamentales, analizando una de sus instalaciones fundamentales (refrigeración industrial), estableciendo las relaciones y mejora que se han observado en cuanto mejora de la fiabilidad, mantenimiento y eficiencia energética, en base al análisis de la información y la utilización de la gestión del conocimiento entre los empleados de mantenimiento.

Palabras Clave: Eficiencia energética; Fiabilidad; Mantenimiento industrial; Gestión del conocimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUERTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

1. Introducción

A la hora de plantear un servicio de mantenimiento, es de vital importancia, tener un profundo conocimiento de las instalaciones, transformar el conocimiento tácito estratégico de las experiencias operativas de los operarios de mantenimiento en explícito, que sin duda profundizan en el estudio de las medidas de eficiencia energética y valorar la fiabilidad de las instalaciones, con el conocimiento del proceso del fallo, que hace mejorar la productividad de la empresa (Alyouf, 2007; López et al., 2005), identificando los datos y la información relevante para mejorar el servicio (Kans, 2009; Basim et al., 2006).

El mantenimiento para conseguir la disponibilidad requerida, parece en numerosas ocasiones llevar caminos paralelos que no interactúan con la fiabilidad operativa global y con la eficiencia energética, que suele estudiarse como procesos desligados. Sin embargo, cuando se hace un análisis conjunto, se derivan las relaciones entre ellos (Eti et al., 2007), que hace una interacción mutua relacional, cuantificándose en una mejora de la eficiencia de todos los procesos, y por sinergia, una mejora en los resultados financieros de la empresa (reducción de fallos que producen pérdidas colaterales, mejora y reducción de los tiempos de mantenimiento, y un menor consumo energético).

El concepto de fiabilidad implica el funcionamiento de un sistema o equipo en las condiciones requeridas, y que depende de forma directa del MTBF (tiempo medio entre fallos). Con la utilización de modelos de gestión del conocimiento, que ayuden a captar la información relevante (Sing, 2008) y el conocimiento en base a la experiencia de los operarios, la fiabilidad operativa debe incrementarse por diversas razones ligadas a la mejora de la actividad de mantenimiento:

- Por un lado, la gestión de la información posibilita la centralización y estructuración sencilla y lógica de toda la información relativa a los equipos, incluyendo históricos de mantenimiento, averías, y las condiciones para el uso eficiente, que afecta en la demanda energética.
- Por otra parte, con un sistema de auto-aprendizaje en base a los contenedores de conocimiento que pueda ser utilizado por todos los miembros de la organización de mantenimiento, con la introducción y utilización del conocimiento estratégico introducido según las experiencias individuales de las personas, proporciona rapidez en el conocimiento de los equipos y sus posibles averías, tanto previstas como si no lo son. Esto posibilita la aceleración y seguridad en la toma de decisiones a través de una mayor implicación en las actuaciones a realizar.

Todo lo mencionado se traduce en que un adecuado estudio y captación del conocimiento estratégico (Chee et al., 2012; Uusipaavalniemi et al., 2009; Bailey et al., 2008) que permita el intercambio de la información (Carr et al., 2007), y que pueda ser utilizado por toda la organización de mantenimiento, se traduce en:

- ♦ Una disminución de los tiempos de actuación en la reparación de averías.
- ♦ Mayor eficiencia en dichas reparaciones que impide un posible fallo posterior derivado de un arreglo inadecuado.
- ♦ Posibilidad de compensar los inconvenientes del incremento progresivo de la complejidad de los equipos, factor que incide negativamente en la fiabilidad de los equipos e instalaciones.
- ♦ Prorroga la vida de los elementos y equipos, lo cual es más crítico en el caso de las averías de difícil y costosa reparación.

Con un adecuado estudio de las acciones a realizar que redunden conjuntamente sobre la fiabilidad, la eficiencia energética y las propuestas de acciones de mantenimiento (figura 1), el MTBF se incrementa, lo que incide directamente en un aumento de la fiabilidad operativa. Esta mejora incide además de forma positiva en varios aspectos:

- ♦ Facilita el mantenimiento preventivo al poder evaluar de forma más eficiente la duración de un equipo con objetivos de planificación.
- ♦ Reduce el número de accidentes.
- ♦ Evita las consecuencias económicas de una parada de planta por avería no prevista.
- ♦ Permite asegurar un nivel de fiabilidad adecuado a la demanda del mercado.
- ♦ Reducción de la tasa de fallos.
- ♦ Mejora de la eficiencia energética del conjunto.

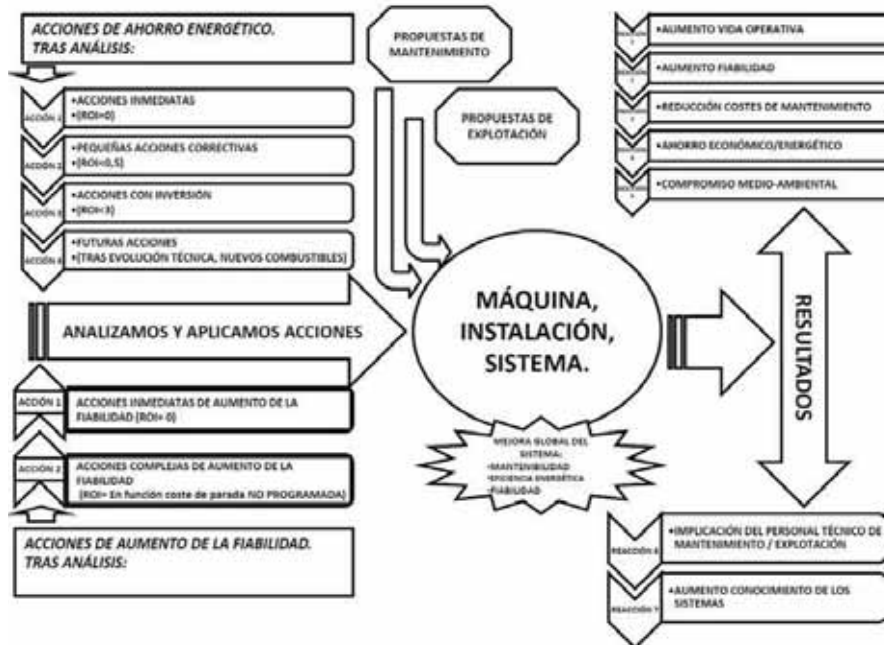


Figura 1. Ciclo de acciones conjuntas orientadas a la mejora operativa de una instalación o sistema. Fuente: Elaboración propia.

En este artículo, tras una pequeña revisión de la relevancia de la gestión del conocimiento e indicar los principios de un modelo para la gestión de conocimiento en mantenimiento, se establecen las variables que condicionan la fiabilidad operacional, la mantenibilidad y la eficiencia energética, mostrándose las observaciones y conclusiones de un estudio empírico realizado en una empresa industrial de la comunidad valenciana (España), que durante un periodo de dos años, se han introducido un modelo de gestión del conocimiento para el departamento de mantenimiento para mejorar sus actividades estratégicas fundamentales, analizando una de sus instalaciones fundamentales (refrigeración industrial), estableciendo las relaciones y mejora que se han observado en cuanto mejora de la fiabilidad, mantenimiento y eficiencia energética, en base al análisis de la información y la utilización de la gestión del conocimiento entre los empleados de mantenimiento de dicha planta industrial cuya actividad principal pertenece al sector alimentario.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

2. Relevancia de la gestión del conocimiento en el mantenimiento industrial

Dentro del contexto táctico de mantenimiento, si definimos la gestión del conocimiento como un proceso a tener en cuenta dentro de dicha actividad, un enfoque de este podría estar integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1995, 1999; Wiig, 1997; Rodríguez, 2006; Bueno 2002).

Con un cambio hacia un modelo basado en el Conocimiento y el Aprendizaje, la organización se centra en la capacidad de innovar y aprender, para resolver de una manera más eficiente sus trabajos cotidianos, así como resolver acciones nuevas o no rutinarias, creando un valor de lo intangible en base al conocimiento y a su rápida actualización en el ámbito del entorno de trabajo de la organización de mantenimiento. Debe ser asumido como una estrategia de desarrollo a largo plazo, visualizando el conocimiento como factor estratégico, por ello la resolución de problemas y las tomas de decisiones deben tener un soporte basado en las siguientes características (Peluffo et al, 2002):

- La disponibilidad de la información y conocimiento clave en todos los miembros de la organización, en función de las acciones tácticas fundamentales del mantenimiento industrial.
- La capacidad de analizar, clasificar, modelar y relacionar sistémicamente datos e información sobre valores fundamentales para dicha Sociedad.
- La capacidad de construir futuro de esa sociedad de forma integral y equitativa (direccionalidad a metas).

Debe estar acompañado por transformaciones claves en la administración y desarrollo de la organización, que se focalizan en:

- La forma en cómo se hacen las cosas (se tiende a administrar por competencias más que por puesto de trabajo),
- Las formas de encarar la combinación del uso de la tecnología con los saberes individuales y organizacionales acumulados (se enfatiza en las destrezas de pensamiento, de búsqueda activa de conocimiento, las comunidades de prácticas, etc.),
- La formación y el auto-aprendizaje, para la consecución de competencias.
- Las nuevas formas de comunicar el conocimiento y de construirlo (conocimiento tácito almacenado, técnicas para el análisis de la información, los bancos de ideas, de conocimiento, las mejores prácticas).
- El cambio cultural experimentado por la aceptación de los beneficios del nuevo modelo sobre el tradicional entre otros (nuevas formas de valorización del trabajo, el papel del factor humano, la mayor autonomía para desarrollar tareas, el alineamiento entre los intereses individuales y los organizacionales).

La actividad de mantenimiento, tal y como está organizada y por su propia especificidad, genera fundamentalmente conocimiento tácito basado en la experiencia, a niveles muy superiores al explícito, que además se registra de forma fragmentada. En general, se cuenta con trabajadores maduros, con mucha experiencia debido a la gran especialización requerida y, además, se confecciona un tipo de información poco elaborada y débilmente orientada a la toma de decisiones.

Los principios básicos en que se debe centrar un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial deben basarse en los mecanismos que se observan en cómo se produce la adquisición del conocimiento, cómo se produce su retención, la recuperación y su utilización. Ello conllevará al estudio de cómo se produce el aprendizaje y su agregación y estructuración a los esquemas de memoria para su retención y recuperación y los ajustes pertinentes que se deben tener en cuenta para utilización del conocimiento estratégico y táctico que hace mejorar la eficiencia de dicho servicio. El sistema propuesto debe tratar de integrar conceptos y técnicas de aplicación al Mantenimiento, con objeto de dar respuesta al problema de la pérdida de la experiencia, reducir los tiempos de actuación y aumentar la eficiencia del servicio de mantenimiento (ante la operación, fiabilidad y mejora de la eficiencia energética).

3. Modelo de de gestión del conocimiento basado en la fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética.

Sin entrar en un análisis extenso, se muestran las características fundamentales de un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento que se ha aplicado en la empresa objeto de esta investigación, y que está centrado en el conocimiento estratégico que afecta a la fiabilidad, mantenibilidad, la explotación y la eficiencia energética.

El modelo de gestión del conocimiento aplicado al mantenimiento industrial, se desarrolló pasando por tres fases fundamentales, desde la identificación del conocimiento intangible y tangible útil, detentando las barreras para su implantación, la transformación de lo intangible en tangible, finalizando en los procesos para la generación, producción y utilización del conocimiento (Figura 2).

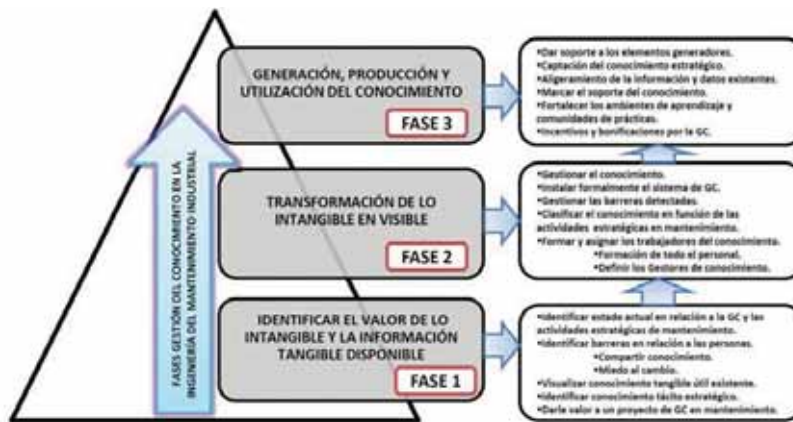


Figura 2. Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.

En una primera fase fundamental, se identifica el valor del conocimiento intangible (conocimiento tácito), así como la situación de la información tangible existente (planimetría, memorias, proyectos, manuales, etc.), para en fases posteriores desbrozar o resumir la información fundamental. Para ello se deberán identificar las barreras existentes para que los procesos de gestión del conocimiento sean fluidos y asumidos por la organización, así como formar y explicar de una manera clara a todos los miembros integrantes, que supondrá un proyecto de GC en mantenimiento, con el fin de motivar y marcar las mayores condiciones para el éxito en su implementación.



Posteriormente en una segunda fase, se formalizan los procedimientos y estrategias para el soporte del modelo de GC, donde se va transformando lo intangible en visible, para la utilización posterior de un banco común de sustentación del conocimiento (figura 3), comenzándose a gestionar el conocimiento, superando las barreras detectadas, y clarificando el conocimiento en función de las actividades estratégicas de la empresa. Es en esta fase donde se deben definir las personas que harán las funciones de gestores de conocimiento, cuya misión es dar soporte, coordinación y generar pro-actividad entre todos los miembros de la organización, para llevar el proyecto de GC por una senda o dirección definida en la uniformidad en los procesos fundamentales de generación, transmisión y utilización del conocimiento.

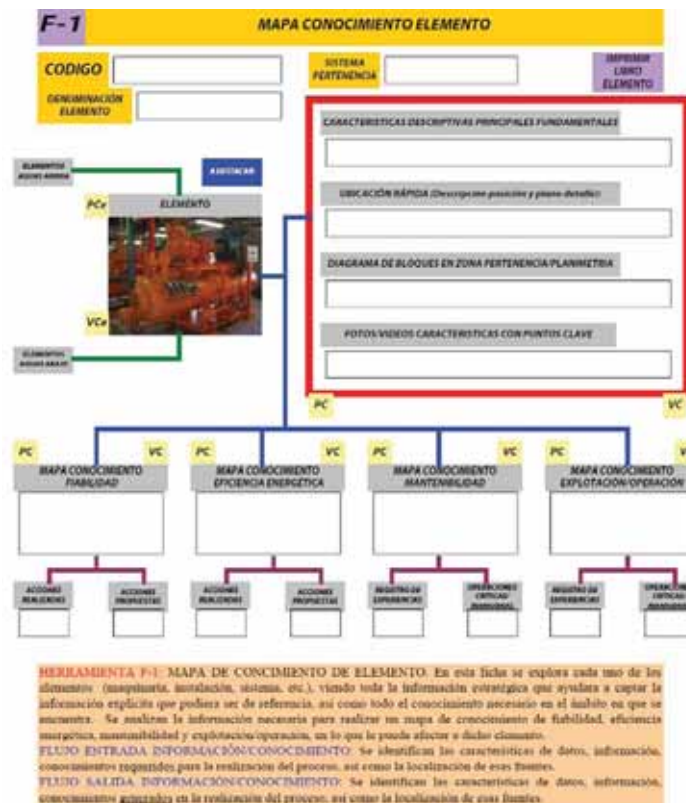


Figura 3: Estructuración del mapa de conocimiento de un elemento, en función de la información y el conocimiento tácito: Fuente Elaboración propia.

Esta segunda fase requiere un profundo estudio, para extraer el conocimiento tácito implícito en el personal operativo de mantenimiento, así como el aligeramiento de la información explícita que existe en la organización, con el fin de articular la plataforma tecnológica que dará soporte al contenedor del conocimiento.

En la tercera fase, se produce el asentamiento y continuidad del sistema de GC, dando soporte a los elementos generadores con la captación del conocimiento estratégico y fortaleciendo los ambientes de aprendizaje y las comunidades de prácticas. El seguimiento debe ser continuo marcando estrategias de incentivos y bonificaciones para la correcta gestión del conocimiento. Cuando se llega a un nivel de difusión de la GC a nivel de la organización de mantenimiento, se producen transformaciones visibles en la forma en que se enfrentan a los problemas, averías y

experiencias diarias, produciéndose una mayor eficiencia en los procesos, reduciendo tiempos de actuación, y reduciendo los periodos de acoplamiento de nuevos operarios. El sistema es utilizado como parte fundamental en el auto-aprendizaje de los operarios, teniendo en cuenta los criterios y punto de vista de ellos para tener éxito el sistema.

El conocimiento se ha estructurado desde lo general a lo particular (Figura 4) y en función de los cuatro aspectos estratégicos que desempeña: la fiabilidad, la operación en explotación, la mantenibilidad y la eficiencia energética.

El modelo de gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento se ha estructurado en lo que se ha definido como árbol de conocimiento (figura k), creciendo en función del conocimiento básico global o general, y las diferentes ramas del árbol que marcan el conocimiento hacia las acciones estratégicas de mantenimiento creciendo desde los elementos, sub-sistemas, sistemas, factorías, hasta formar el conocimiento general estratégico que necesita la empresa en relación a la ingeniería de mantenimiento:

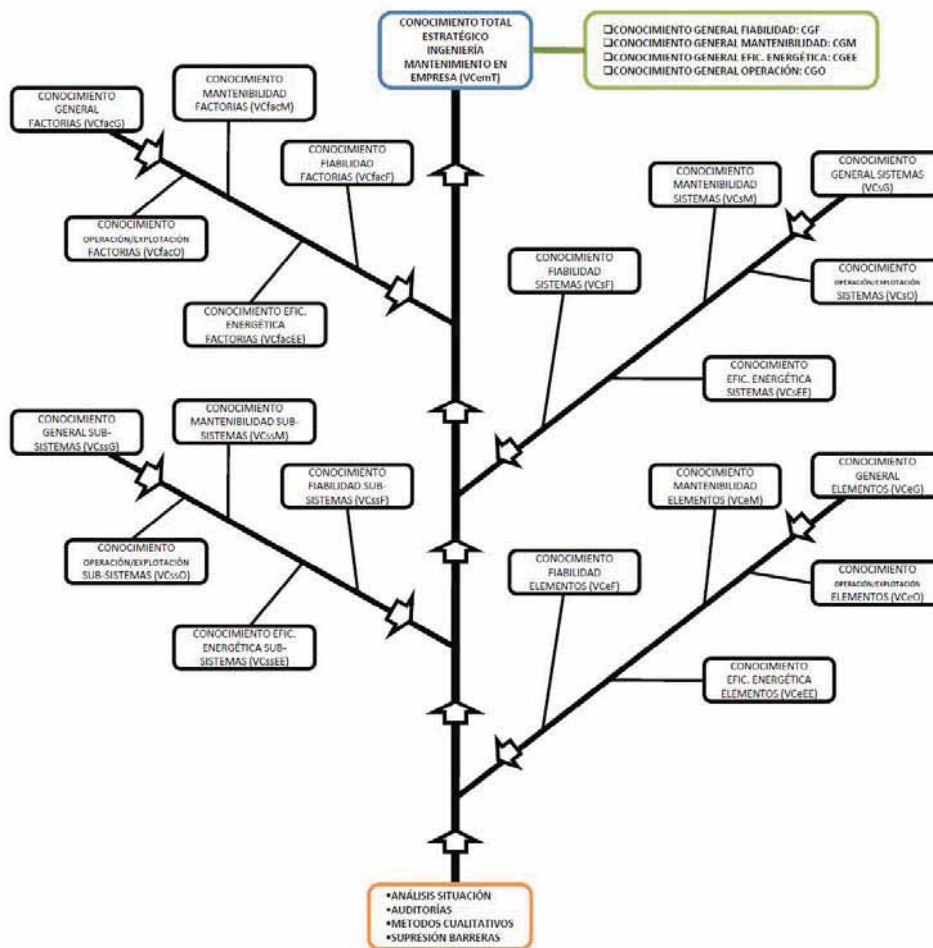


Figura 4: Árbol del conocimiento de la empresa en función de las acciones estratégicas. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

4. Fiabilidad, Mantenibilidad, Eficiencia energética, y su relación en base a la información y el conocimiento.

Sin entrar en normas UNE sobre confiabilidad, equipos, fiabilidad, etc., que afectan directamente a la funcionalidad de las técnicas de mantenimiento, las normas generales que inciden sobre la información y datos que afectan a la actividad de mantenimiento, se podrían indicar las UNE-EN 13306, UNE-EN 13460, UNE-EN 15341, UNE-EN 200001-3-11, UNE-EN 20464, UNE-EN 60706-2.

Con ello se pretende alcanzar lo que tradicionalmente se ha denominado como garantía de funcionamiento, concepto dependiente de cuatro magnitudes inter-relacionadas:

- ♦ Fiabilidad: probabilidad que el sistema no se averíe durante $[0, t]$.
- ♦ Mantenibilidad: probabilidad que el sistema sea reparado durante $[0, t]$.
- ♦ Disponibilidad: probabilidad que el sistema funcione en el instante t .
- ♦ Seguridad: probabilidad de evitar un suceso catastrófico.

Y en los últimos años, tras la relevancia económica del factor energético para los servicios a prestar, ha tomado especial relevancia el factor eficiencia energética:

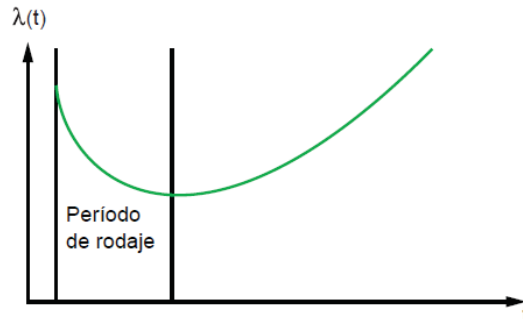
- ♦ Eficiencia energética: Relación entre la cantidad de energía requerida para la realización de las actividades de una organización, sus equipos, sus sistemas, sus productos y sus servicios y la cantidad de energía real usada (UNE 216501:2009).

Las auditorías energéticas sirven para detectar las operaciones dentro de los procesos que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como para optimizar la demanda energética de la instalación, y son una buena base del conocimiento de todas las instalaciones y equipos que ayudan a tomar decisiones con respecto a la mejora de la fiabilidad así como el mantenimiento óptimo.

La relación de todos estos parámetros fundamentales en referencia a cómo afecta su adecuada extracción del conocimiento que afecta a la organización, se podría extraer observando su propia definición:

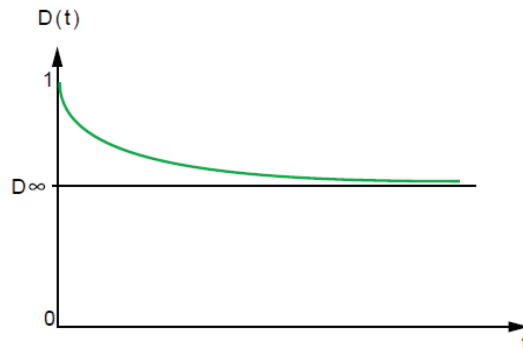
Fiabilidad: es la probabilidad de que una entidad pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, durante un intervalo de tiempo $[t_1, t_2]$; y se expresa por: $R(t_1, t_2)$. Está íntimamente unida a la tasa de fallo de dicho sistema o instalación. El conocimiento de los diferentes fallos operativos y la acumulación y compartición de las experiencias operativas de los operarios, fomenta la prevención y actuación ante el fallo, reduciendo en gran medida los fallos cíclicos y los tiempos de reposición, que afectan directamente a la producción de la empresa.

Tasa de fallo: $\lambda(t)$: La tasa de fallo en el instante t , mide la probabilidad que ocurra un suceso intempestivamente en el intervalo $[t, t+\Delta t]$ (gráfica 1). Representa el número de sucesos (fallos) por unidad de tiempo. Su inverso es el tiempo medio entre fallos.



Gráfica 1. Curva de fiabilidad con desgaste. Fuente: (Cabau, 2000).

La disponibilidad: es la probabilidad que una entidad pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, en un instante dado t , suponiendo que el suministro de los medios externos necesarios está asegurado. Se representa por: $D(t)$ (gráfica 2). Esta definición es igual a la de la fiabilidad pero con la diferencia fundamental en el aspecto temporal, una se refiere a un período de tiempo y la otra a un instante dado. En un sistema reparable, el funcionamiento al instante t no supone, forzosamente el funcionamiento durante $[0, t]$. Esta es la diferencia fundamental con respecto a la fiabilidad. La disponibilidad tiende a un valor límite, que es por definición la disponibilidad asintótica. Este valor límite es una punta de tiempo que corresponde aproximadamente, al tiempo de reparación. La fiabilidad participa entonces en la disponibilidad por la aptitud a ser reparado rápidamente, esto es también importante, es la mantenibilidad.



Gráfica 2. Disponibilidad en función del tiempo. Fuente: (Cabau, 2000).

La mantenibilidad: es la probabilidad de que una operación dada de mantenimiento pueda ser realizada en un intervalo tiempo dado $[t_1, t_2]$, que se expresa por: $M(t_1, t_2)$. La mantenibilidad es a la reparación como la fiabilidad es al fallo. Se define con las mismas hipótesis que para $R(t)$ la mantenibilidad $M(t)$.

Tasa de reparación: $\mu(t)$: La tasa de reparación en el instante t , mide la probabilidad que una entidad sea reparada en el intervalo $[t, t+\Delta t]$, n° de reparaciones por unidad de tiempo. Puesto que es constante, la expresión de la mantenibilidad es una ley exponencial: $M(t) = \exp(-\mu t)$. Su inverso es el tiempo medio por reparación.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

Mantenimiento: Actuaciones -procesos y operaciones tendentes a la conservación de una entidad o sistema.

Todos estos parámetros influyen en los tiempos medios utilizados como indicadores en mantenimiento y que inciden sobre la eficiencia del servicio (figura 5). La misión es aumentar el MTTF o MTFF (Mean Time To First Failure, tiempo medio de buen funcionamiento antes del primer fallo), el MTBF (Mean Time Between Failure, tiempo medio entre dos fallos de un sistema reparable), el MUT (Mean Up Time, tiempo medio de buen funcionamiento después de una reparación). De igual manera se pretende reducir los diferentes tiempos operativos de las acciones de reparación como el MTTR (Mean Time To Repair, tiempo medio de reparación).

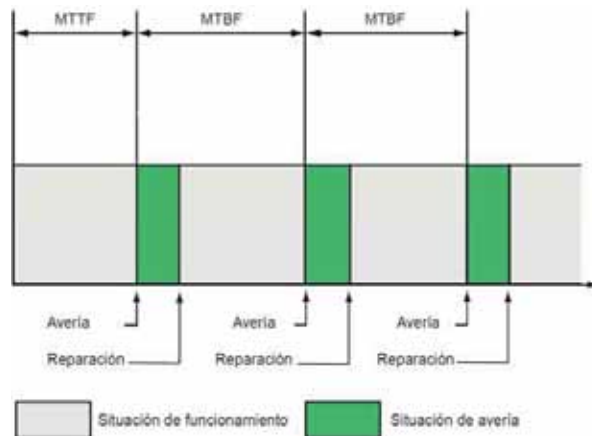


Figura 5. Diagrama de tiempos medios de un sistema que no precisa interrupción del funcionamiento para el mantenimiento preventivo. Fuente: (Cabau, 2000).

Esencialmente hay dos tipos de mantenimiento: preventivo y correctivo, y para cada uno de éstos hay numerosos procedimientos específicos. En el mantenimiento preventivo, el objetivo es incurrir en gastos modestos de servicio del equipo, con el fin de evitar fallos potencialmente caros durante su funcionamiento (Eti et al., 2006a, 2006b; Badia et al., 2006; Aghezaf et al., 2007). Normalmente, el equipo deja de funcionar durante el mantenimiento preventivo, y el efecto físico de las actividades de mantenimiento es paliar los efectos del funcionamiento previo. En contraste, el mantenimiento correctivo (o reparación) es la respuesta al fallo del equipo con el fin de devolverlo a un estado de funcionamiento. Para ambas clases de mantenimiento, puede asumirse que existen varios tipos de estructuras de coste y varios tipos de patrones de comportamiento de los equipos. Es importante notar que el modelado y análisis de los procedimientos de mantenimiento de equipos requieren a menudo considerar el sistema completo en vez de sus componentes individuales.

Por consiguiente en base a la información y el conocimiento sobre el proceso y la cadena de fallo, permite la detección y el diagnóstico del fallo; procesos que, a su vez, permiten obtener el conocimiento necesario sobre el fallo, para proceder a su solución a través de la actuación de mantenimiento.

En la fase de observación de los síntomas y manifestaciones del fallo se trata de percibir información, a través de la observación sensorial directa, de la experiencia, de los conocimientos teóricos previos, de la información registrada, y de la medición o verificación a través de pruebas y ensayos. El análisis de esa información permite la identificación previa y con cierta inmediatez del fallo. Se perciben ya algunos accidentes del fallo; como, por ejemplo,

lugar, posición o elemento que soporta el fallo.

En la fase de detección se obtienen comprobaciones pertinentes y contrastables sobre el fallo, que se completan en las dos fases siguientes: en la de delimitación se determinan básicamente los límites en el cumplimiento de la especificación y el proceso de fallo, en la de descripción se investigan las circunstancias del fallo (qué, dónde, cuándo, etc.).

Aunque podrían generarse dificultades conceptuales y de captación de la información, la consideración de determinados estados intermedios, desde funcionar adecuadamente a estar averiados (como sería el caso de tener que producir a baja capacidad, o con un consumo energético excesivo, o con alguna deficiencia de calidad), puede mejorar sensiblemente el conocimiento del comportamiento del equipo en base a la experiencia sobre variados escenarios. Esto ha de añadir necesariamente un conocimiento específico valioso sobre los diferentes modos de fallo.

5. Caso de observación: Fiabilidad en la explotación, mantenimiento y Eficiencia Energética, relaciones y mejora con la utilización de técnicas de GC, en una instalación de refrigeración industrial de una factoría del sector alimentario

El caso de observación de la presente investigación, se centra en los procesos y revisiones realizadas en una factoría industrial en la provincia de Valencia (España), del sector alimentario, en donde se ha introducido, y dado continuidad, durante un periodo de dos años, un modelo de gestión del conocimiento con el fin de capturar, generar, transferir y utilizar, todas aquellas experiencias y conocimiento estratégico (en su mayoría de naturaleza tácita), en función de las cuatro acciones estratégicas que se han definido en base a los elementos y sistemas, la fiabilidad, la mantenibilidad, la operación de explotación y la eficiencia energética.

El proceso se centra en referencia a mejorar la eficiencia energética del la planta de refrigeración industrial de la factoría (figura 6 y 7), para detectar acciones y conocimiento que de igual manera afectan a la fiabilidad del sistema y su mantenibilidad.



Figura 6. Detalle de planta frigorífica, zona de compresores, de la industria tratada. Fuente: Elaboración propia



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE



Figura 7. Detalle de planta frigorífica, zona de condensadores, de la industria tratada. Fuente: Elaboración propia

Dentro de las características energéticas del sector cárnico (Alcázar et al., 2012; Tsarouhas, 2007), como es el presente caso, la refrigeración industrial es una de las instalaciones más intensivas en consumo energético (gráfica 3), observado en base a la contabilidad energética realizada, permitiendo ponderar hacia donde debe centrarse el esfuerzo inicial de ahorro energético.



Gráfica 3. Sectorización y cuantificación del consumo energético, como base para el comienzo de la eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

El proceso no sólo se debe centrar en conseguir la adecuada optimización energética (figura 8), sino en base al conocimiento y utilización del conocimiento adquirido, ser utilizado por todos los miembros de la organización de mantenimiento, para mejorar y relacionar los otros factores influyentes, tales como la fiabilidad y la mantenibilidad.

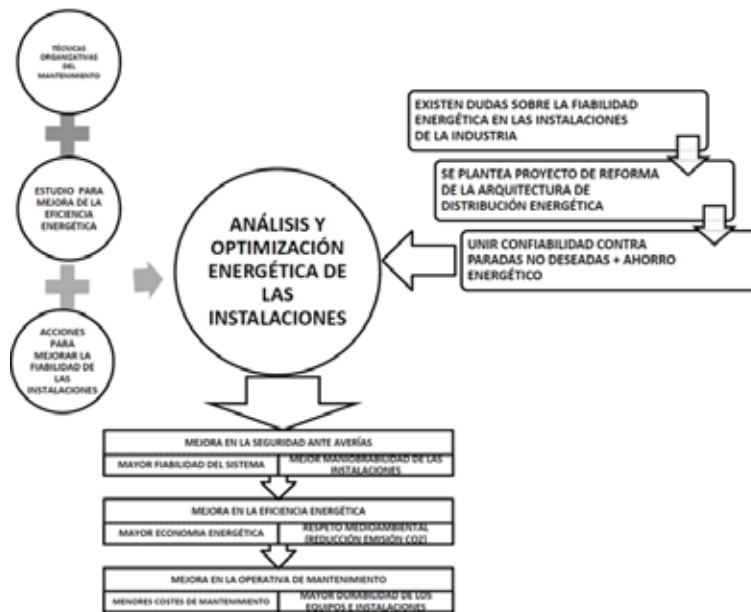


Figura 8. Planteamiento de acciones con orientación hacia los tres aspectos estratégicos. Fuente: Elaboración propia

Los indicadores que se pretenden conseguir mediante la incidencia en los parámetros fundamentales, en base a la formación, transferencia del conocimiento entre todos los miembros de mantenimiento son los siguientes:

- Costes energéticos: Se producirá una reducción del presupuesto económico para la compra de energía, como consecuencia de la acción tomada.
- Costes de mantenimiento: Como consecuencia de esa acción, se podrá reducir en numerosas ocasiones el desgaste de la máquina, reduciéndose sus acciones de mantenimiento preventivo y sobre todo las de mantenimiento correctivo. Se producirá un aumento de vida esperada de la maquinaria o instalaciones (LCC), y así mismo en numerosas ocasiones llevará implícito un aumento de la fiabilidad en dicho equipo.
- Aumento de la fiabilidad: Normalmente las acciones realizadas para la eficiencia energética llevarán implícito un aumento de la fiabilidad del sistema. En ocasiones resulta que lo prioritario es aumentar la fiabilidad del sistema, aunque a priori no se tenía en cuenta el tema del ahorro energético. Al analizar esta mejora de fiabilidad, hay que tratar de realizar un estudio en profundidad de cómo dichas acciones van a afectar a la operatividad en los servicios de mantenimiento (para aumentar su eficacia), así como el ahorro energético a conseguir.
- Otros factores: Con todo ello se conseguirá así mismo, una mejora medioambiental (tasas de emisión de CO2 reducidas en función de la energía ahorrada), una mayor implicación de la dirección y del personal de explotación en concreto, y un conocimiento más profundo de las instalaciones y equipos de la planta industrial.

Indudablemente, toda las acciones deben ser acometidas en función de una rentabilidad, con un retorno de la inversión asumible (ROI), ponderando todas las acciones que influyen sobre el equipo o el sistema a tratar (figura 9). En los puntos posteriores se analizan las repercusiones que se deben conseguir con la metodología propuesta, en relación a las condiciones sociales y del conocimiento, al diagnóstico energético, a las oportunidades de ahorro de energía, la fiabilidad y el mantenimiento industrial.

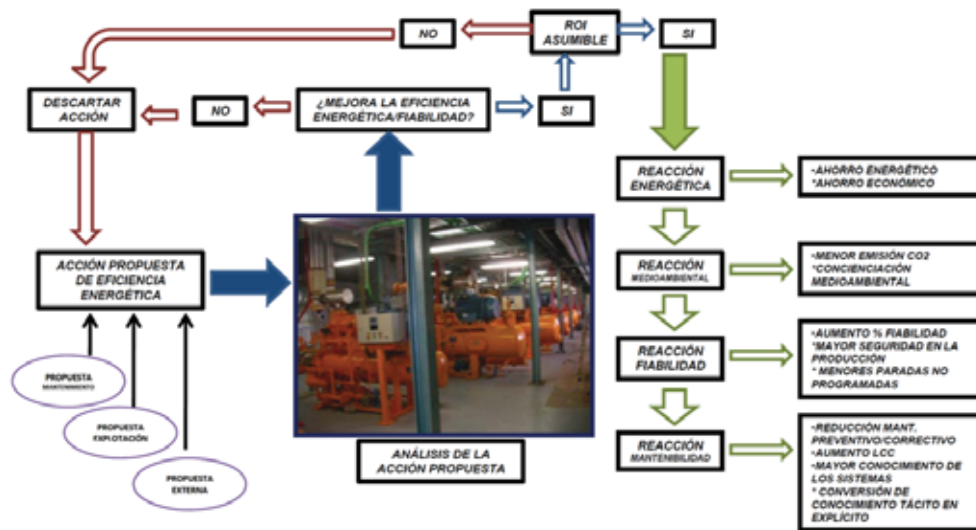


Figura 9. Ciclo para definir acciones hacia la mejora eficiencia energética y fiabilidad. Fuente: Elaboración propia

Durante un periodo de dos años aplicando procesos para compartir el conocimiento y las experiencias aisladas observadas por los diferentes operarios, y en este caso transferidas al contenedor del conocimiento para ser compartida por todos los miembros de la organización de mantenimiento, llevó a unos resultados que se pueden resumir entre los siguientes:

Condiciones referente al factor social y humano en base a la utilización de las técnicas de GC:

Indudablemente la variable social y humana es de gran importancia para la consecución de la mejora de eficiencia energética de la industria, cuyo fin es conseguir:

- Personal involucrado y concienciado: Se debe conseguir concienciar al personal en cuanto a la política industrial que se va a seguir. Con ello se verán involucrados en el proyecto aumentando las garantías de éxito.
- Pautas de compromiso: Por parte del personal y la dirección de la empresa para seguir las políticas correctas.
- Relaciones interdepartamentales: Todos los departamentos de la empresa están relacionados y entienden su dependencia con los demás y el trabajo realizado.
- Alto conocimiento del funcionamiento de los sistemas: Como consecuencia de este análisis, se consigue una mejor comprensión de los estados energéticos y funcionamiento de la maquinaria, equipos, instalaciones y sistemas complejos.
- Conocimiento compartido: Es vital que todo el conocimiento tácito pase a explícito, mediante anejos característicos de mantenimiento. Con ello se reducirá la fase de acoplamiento de nuevos operarios, y la mejor respuesta ante sucesos imprevistos.
- Marketing ecológico: Todas las acciones redundarán en menor tasa de emisión de CO₂, consumo de agua, etc. Es importante que todos conozcan lo conseguido.
- Delimitar y reducir el error del factor humano (Dhillon et al., 2006; Jo et al., 2003; Rankin et al., 2003), evaluando los riesgos asumidos (Lind et al., 2008)

Condiciones sobre el diagnóstico energético en base a la utilización de las técnicas de GC:

Otra fase será estudiar las condiciones energéticas que tenemos en nuestros equipos, instalaciones, sistemas e industria en general. Para observar las pautas generales a tener en cuenta, en todas las acciones a realizar. Principalmente, se observará:

- a) Condiciones de funcionamiento: En base al conocimiento interno, los consejos de los fabricantes de los equipos, de empresas instaladoras o de personal externo.
- b) Condiciones de operación de equipos e instalaciones: La inter-relación del equipo en estudio con respecto a otras instalaciones (electricidad, gas, agua, etc.).
- c) Condiciones de sectorización energética: Como afecta la distribución energética a cada sistema (repercutirá también en la fiabilidad), y a cada sector de la industria.
- d) Ratios de intensidad energética: Es importante conocer en el mismo sector de producción los ratios que consiguen otras industrias, para hacer un análisis comparativo para la mejora.

Como consecuencia de lo anterior, se analizarán las acciones a realizar. Todo ello vendrá precedido de una auditoría energética interna o externa que puedan motivar acciones de desarrollo presentes o futuras en función de retorno de la inversión. En concreto se deberá tener en cuenta:

- a) Evaluación de propuestas de mejora: Se determinan las diversas propuestas posibles a realizar en función del estudio.
- b) Acciones de decisión ahorro/inversión: Serán preferibles aquellas acciones que minimicen el retorno de la inversión, o que aumenten en gran medida la fiabilidad del sistema.
- c) Sistema de medida/seguimiento: Será necesario un seguimiento de las acciones realizadas y su incorporación en las rutinas de mantenimiento.
- d) Mejora medioambiental: Dentro de acciones con un similar retorno de la inversión se tendrá en mayor peso aquella que mejore el efecto medioambiental.

Condiciones en base a la fiabilidad con la utilización de técnicas de GC:

Al realizar las acciones para el aumento de la eficiencia energética, se persigue conseguir aumentar la fiabilidad de las instalaciones en numerosos casos. Hay ocasiones que lo prioritario es el estudio de la fiabilidad del sistema, con lo cual se realizará el estudio de cómo afectará de igual manera al ahorro energético a la actividad de mantenimiento en la planta industrial:

- a) Condiciones de mejora de la fiabilidad: Como consecuencia de las acciones para ahorro energético.
- b) Mejora de las prestaciones del proceso: Se podrán conseguir una información racional de la prestación del sistema.
- c) Aumento del rendimiento: Toda acción llevará parejo un aumento del rendimiento funcional.
- d) Aumento de la vida del equipamiento: Normalmente las acciones de mejora de eficiencia energética conllevan un menor nivel de desgaste de equipamiento, con aumento del ciclo de vida y retraso de su amortización (LCC).
- e) Al igual que lo descrito en d), llevará menor desgaste, con lo cual se reducirán acciones de mantenimiento correctivo, preventivo, y mayor maniobrabilidad de los equipos e instalaciones.

Condiciones sobre técnicas organizativas de mantenimiento en base a la utilización de las técnicas de GC:

Con relación al mantenimiento industrial, las acciones de eficiencia energética conllevarán las siguientes relaciones:

- a) RCM, TPM, etc.: Se partirán de técnicas organizativas, sustentadas en un conocimiento profundo y una filosofía de trabajo sólida en la organización, que motive un mantenimiento basado en la eficiencia energética.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

- b) Auto-aprendizaje: Todas las acciones deberán estar registradas en los anejos característicos de mantenimiento, para conseguir una formación a todos los componentes del equipo.
- c) Información: Toda la información tácita deberá transformarse en explícita, teniendo un registro de buenas prácticas y posibles acciones futuras de mejora en base a la experiencia acumulada.
- d) Reducción de actuaciones: Consecuencia del mejor uso del equipamiento.
- e) Actuación ante contingencias: Se reducirá el tiempo de actuación ante sucesos no deseados como consecuencia de los puntos anteriores.

Todos estos puntos contemplados dará lugar a lo comentado anteriormente, como es la mejora de la explotación, aumento de la eficiencia energética, la fiabilidad del sistema y optimización del sistema operativo de mantenimiento, que relaciona todos estos factores.

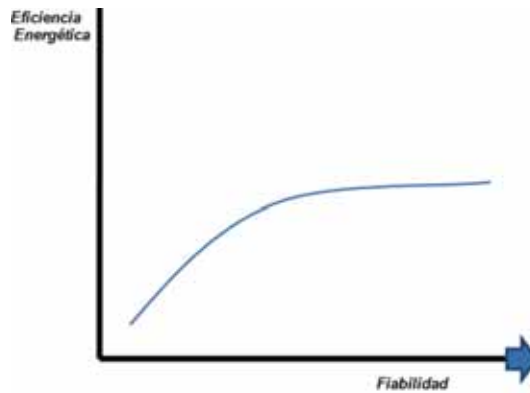
Hay que tener en cuenta que todas las actuaciones deben redundar en la mejora de los sistemas de mantenimiento de la industria, que tras el estudio de diversas actuaciones, nos indiquen el beneficio energético de su ejecución así como el aumento de la fiabilidad de los sistemas e instalaciones. Debe ser un sistema abierto que integre a todos los estamentos de la empresa, con retroalimentación de propuestas basadas en la experiencia por parte de los servicios de explotación y mantenimiento de la industria. La puesta en marcha de dichas acciones vendrá como consecuencia del retorno de la inversión detectado (ROI), o el valor intrínseco que dicha medida pueda tener como consecuencia del aumento de la fiabilidad, con reducción de cortes no programados.

En la observación del funcionamiento del modelo y las actuaciones incidentes sobre la planta de refrigeración industrial por parte de todos los operarios y técnicos del departamento de mantenimiento implicado, y en base a un estudio cualitativo basado en el análisis de los datos de la investigación, basándose en la teoría fundamentada (Grounded Theory) (Charmaz, 2006; Glaser y Strauss, 1967), mediante entrevistas semi-estructuradas entre dicho personal experto y la percepción por ellos de las actividades realizadas, se podrían extraer las siguientes curvas relacionales que afectan a la Eficiencia energética, mantenibilidad y fiabilidad:

a) Ante acciones consistentes en aumentar la fiabilidad del sistema:

Se observó ante la realización de estas acciones (gráfica 4), como regla general, y sobre todo si se trata de máquinas dinámicas, ante pequeñas acciones de aumento de la fiabilidad lleva normalmente consigo el aumento de la eficiencia energética.

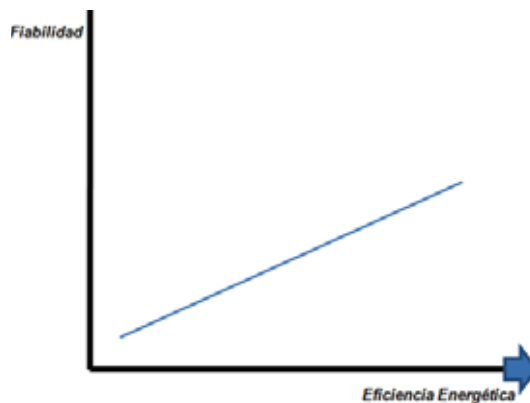
Llega un punto que para un grado muy alto de fiabilidad, no crece o se satura el proceso de ahorro energético.



Gráfica 4. Curva ante acciones de fiabilidad. Fuente: Elaboración propia.

b) Ante acciones consistentes en aumentar la eficiencia energética del sistema:

De los comentarios y observación de la realización de estas acciones (gráfica 5), como regla general, el aumento de la fiabilidad es progresivo, dado que normalmente este ahorro viene definido por un uso incorrecto, una mejora térmica, etc, que redundan automáticamente en un menor desgaste y como consecuencia una menor probabilidad de averías.

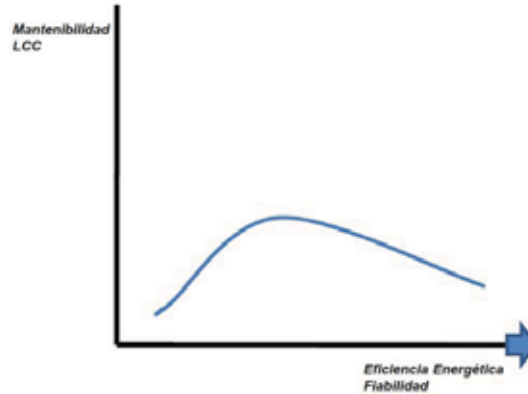


Gráfica 5. Curva ante acciones de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

c) Mantenibilidad ante acciones consistentes en aumentar la eficiencia energética o fiabilidad del sistema:

Se observó que cuando se realizan estas acciones (gráfica 6), se produce un aumento en el ahorro en mantenimiento así como el aumento de la vida útil del equipamiento. Puede llegar un punto de inflexión si se requiere un gran aumento en la fiabilidad conlleve un aumento del equipamiento, con lo que sería preciso mayor número de horas en mantenimiento (este sería el caso cuando la fiabilidad del sistema quiere que sea máxima ante instalaciones críticas).

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Gráfica 6. Curva relación con mantenibilidad. Fuente: Elaboración propia.

6. Resultados observados

Los resultados que se muestran a continuación de una manera resumida, sin entrar a definir en detalle los procesos de las acciones realizadas en la instalación frigorífica industrial de la investigación, y que marcan la relevancia e incidencia de las acciones implicadas para mejorar la eficiencia energética de la instalación de refrigeración industrial, y que inciden en base al modelo de gestión del conocimiento, en la tasa de fallos y la mantenibilidad del sistema.

Se parte de las siguientes consideraciones:

- Esta es una de las instalaciones críticas del proceso industrial de la fábrica, y su parada o fallo no programado puede conllevar unos gastos así como una pérdida de imagen importante a la industria.
- Se cumplen las rutinas de mantenimiento programadas, y tienen un nivel de seguimiento a través de un sistema de adquisición de datos del sistema de frío industrial.
- En reuniones con los técnicos de la industria, están desligados los grupos de mantenimiento eléctrico y mecánico (no existe una información explícita), y ya se han producido anteriormente paradas no programada por incidencia de otras instalaciones (distribución eléctrica).
- No se tenía un conocimiento profundo del sistema, limitándose a operar entre las condiciones establecidas desde el comienzo, y viendo eso como parámetros fundamentales de funcionamiento.

La central frigorífica de la fábrica se compone de nueve compresores frigoríficos tipo tornillo que utilizan amoníaco (NH₃) como refrigerante que se distribuye por tres líneas principales. La **Línea N°1 a -40°C** de evaporación asociada a los túneles de congelación. **Línea N°2 a -33°C** de evaporación para procesos de tratamiento de carnes y cámaras de congelación. Y **Línea N°3 a -15°C** de evaporación para cámaras y áreas climatizadas de procesamiento de carnes.

La regulación automática de la capacidad se realiza mediante una función integrada PID (proporcional, integral, derivada) que modifica la ubicación de la corredera mecánica integrada en el compresor a fin de adaptar la relación volumétrica de compresión (V_i) a las condiciones de

trabajo existentes (carga térmica) que se determinan a partir de la variación de la presión de aspiración (succión) de los compresores. El esquema de principio de la instalación está en la figura 10.

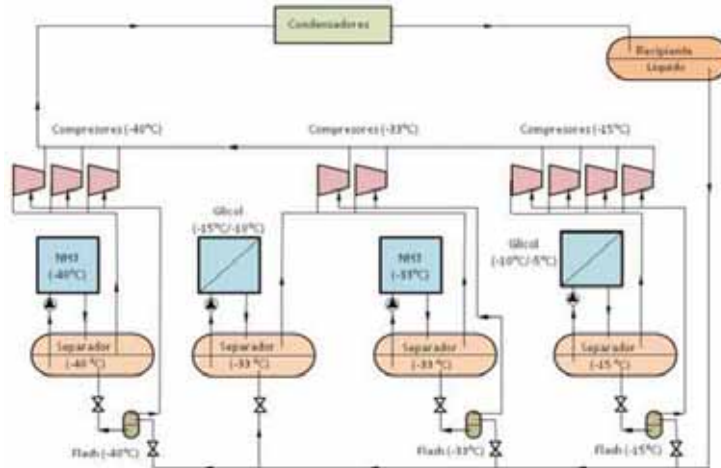


Figura 10. Esquema de principio de la instalación de refrigeración. Fuente: Elaboración propia.

Algunas de las acciones a destacar realizadas en base al estudio previo de toda la instalación fueron las siguientes:

Se observó, que a lo largo del rango de regulación (100% a 44%), límites impuestos por las condiciones de trabajo del motor/compresor (lubricación y ventilación) establecidas por el fabricante respecto a la velocidad de giro (2950rpm a 1475rpm), se pueden alcanzar ahorros de hasta un 31%. Igual es de destacar que para el rango superior de regulación (100% a 80%) el control de capacidad por medio de la corredera actúa de forma similar a las condiciones de la variación de velocidad, con la consiguiente reducción en las oportunidades de ahorro energético.

Otro aspecto a destacar es que con la opción de variación de velocidad se puede ampliar el rango de trabajo hasta alcanzar la máxima velocidad de giro permitido por el fabricante (consideraciones mecánicas) de 3.540rpm, de esta forma los compresores podrían ampliar su capacidad frigorífica teórica hasta un 120% de la nominal. Esta posibilidad no se puede realizar por medio de la regulación mecánica por corredera.

Hay que tener en cuenta que un compresor sobredimensionado es un compresor que funcionará a cargas parciales más tiempo de lo necesario y por tanto con un peor rendimiento energético. El número de arranques será más elevado aumentando el consumo eléctrico y el esfuerzo mecánico, y como consecuencia una mayor probabilidad de fallos y de acciones de mantenimiento.

Es importante señalar que, además del ahorro económico que conlleva la actuación realizada, existen otras consideraciones que deben ser tomadas en cuenta:

- ✓ La reducción de capacidad por variación de velocidad permitirá reducir el desgaste y daño de las válvulas correderas de los compresores.
- ✓ Se optimizará aún más la estabilidad de las presiones de succión (aspiración), dado que el control de capacidad es directo.
- ✓ La operación a velocidad reducida, si el perfil de carga así lo requiere, permitirá reducir el desgaste de elementos mecánicos del compresor, con el menor gasto en mantenimiento y aumento de la vida útil del equipamiento.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

- ✓ A nivel eléctrico, la operación de la instalación y los motores mejorará, ya que con los variadores de velocidad, el factor de potencia será constante cercano a 1, por lo que la energía y potencia reactivas de la instalación se verán reducidas.
- ✓ Esta economía energética, define un ahorro en cuanto emisiones de CO2 a la atmosfera, mostrando el sistema un respeto medioambiental superior.

Otras acciones destacadas fueron la actuaciones sobre los condensadores evaporativos, la reducción del consumo residual y reducción de fugas de aire de las instalaciones de aire comprimido dedicadas a la refrigeración industrial, la observación y reducción de fugas térmicas, mediante la mejora de aislamiento de tuberías, así como múltiples acciones básicas en base al conocimiento y la formación de los operarios que consiguieron importantes ahorros energéticos (tabla 1).

FICHA DE ACCIÓN N°	Sector/ Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (KWH)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (K€/año)	Inversión estimada (K€)
1	Instalación eléctrica de potencia del frío Industrial Mejora distribución eléctrica líneas de CT1 a Cuadros de distribución de frío		29.986	11,1	2,5	-
2	Instalación de frío Industrial – Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A6		201.707	74,6	16,5	30,4
3	Instalación de frío Industrial – Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A9		184.522	68,3	14,8	38,6
4	Instalación de frío Industrial – Instalación de variadores de velocidad en condensadores evaporativos		192.897	71,4	15,8	14,5
5	Instalación de aire comprimido Industrial - Reducción de consumo residual		85.301	31,6	7,0	3,5
6	Instalación de aire comprimido Industrial auxiliar a la planta de frío Reducción de fugas		118.780	43,9	9,7	-
7	Instalación distribución de fluidos – Mejora aislamiento tuberías distribución de fluidos		4.120	1,58	> 0,43	-
8	Múltiples acciones básicas de uso, concienciación y observación de las instalaciones de refrigeración.		140.000	51,7	11,4	-
TOTAL			957.313	354,18	78,13	87

Tabla 1. Resumen de las principales fichas de acción realizadas para la ef. energética. Fuente: Elaboración propia.

Todo lo comentado conlleva en base a la observación de los resultados las siguientes relaciones:

Relación eficiencia energética/mantenimiento:

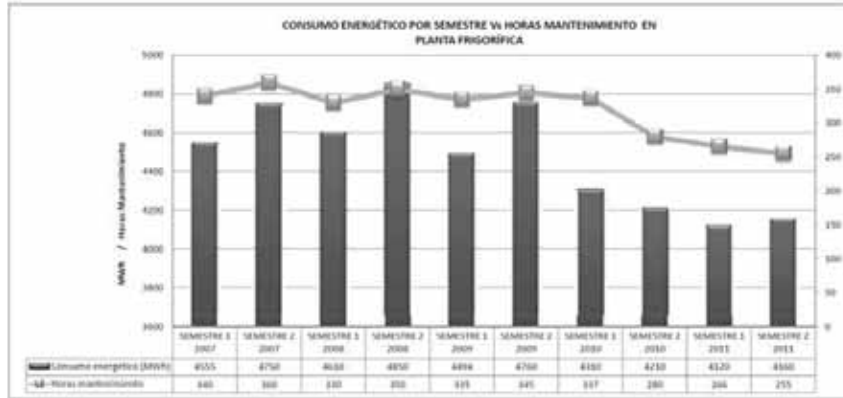
- Mejora del conocimiento por parte de los servicios de mantenimiento de la eficiencia energética del proceso: Pese a que el sistema cuenta con un sistema informático de adquisición de datos, sólo se tenían en cuenta parámetros tales como paradas, mantenimiento preventivo, averías, etc. Se pretende variar el sistema para monitorizar los ratios de ahorro energético.
- Dicha información que actualmente estaba de una manera tácita en algunos de los componentes de los equipos, se propone plasmarla en explícita mediante la inclusión de un anejo característico de eficiencia energética de los compresores, donde se anotarán los datos y valores contrastados, futuras acciones de ahorro, propuestas y sugerencias de fabricantes de la maquinaria o sector.
- Se prevén modificar los partes de mantenimiento preventivo en función del menor sobreesfuerzo de los equipos (se puede optimizar su utilización), debido a la acción que supone el ahorro energético.
- Se producirá una reducción de los tiempos utilizados en mantenimiento, siendo una variable añadida de ahorro.
- Se consigue una mayor concienciación de los equipos humanos de mantenimiento. Dicha concienciación se extrapolará a los departamentos de explotación, y en general a todos los órganos de la empresa.
- Dichas acciones llevan añadidas una sensibilización con la visión del respeto al medio ambiente (ahorro en la emisión de CO₂, como consecuencia del ahorro energético).
-

Relación eficiencia energética/fiabilidad:

- A consecuencia de la acción de eficiencia energética, se consigue un uso más racional de la instalación, reduciéndose por ello la tasa de fallo del equipamiento y con ello el aumento de la fiabilidad de la instalación que se considera crítica.
- Al realizar el estudio energético se ha aumentado el nivel de conocimiento de la instalación, pudiéndose monitorizar otras variables que interceden en la fiabilidad final de la instalación (instalación eléctrica, fluidos, valvulería, etc.).
- Dicha relación de aumento de la fiabilidad es extrapolada al resto de la organización (en especial hacia los departamentos de explotación), consiguiéndose una mejora estratégica de la función de los servicios de mantenimiento con relación al resto de la industria.

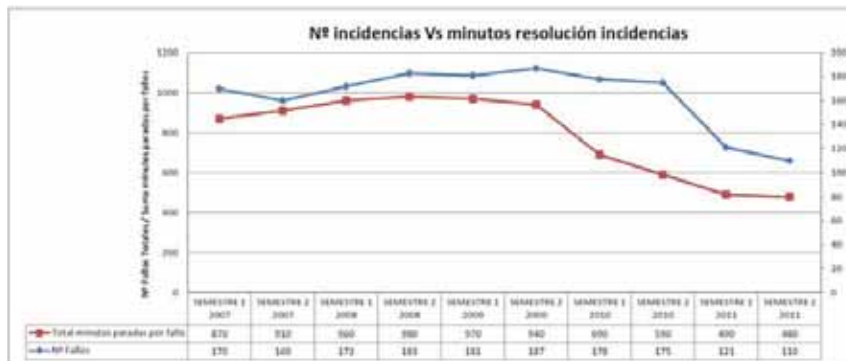
De los datos obtenidos durante el periodo en que el equipo de mantenimiento trabajaba en base a un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión de conocimiento, se puede observar en las gráficas siguientes, una tendencia a la mejora y eficiencia con respecto al sistema tradicional de trabajo utilizado con anterioridad por el departamento de mantenimiento.

La gráfica 7, muestra una tendencia mantenida de reducción de los consumos energéticos así como las horas invertidas en mantenimiento como consecuencia del uso más eficiente de las instalaciones. Esa tendencia se ve acentuada a partir del tercer semestre como consecuencia de vencer las barreras ente los diversos equipos de mantenimiento y asentar una conciencia de eficiencia y compartir información.



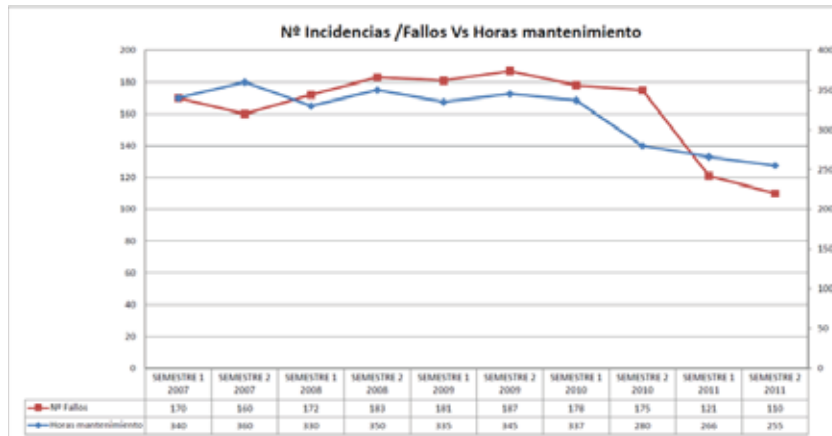
Gráfica 7. Consumo energético y horas empleadas en mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

Se observa una reducción de las incidencias y fallos operativos de la instalación, así como el tiempo en actuación para la resolución de los fallos (gráfica 8), mejorando los procesos y las implicaciones que se producían directamente sobre la producción de la empresa.



Gráfica 8. Nº de incidencias y minutos empleados en resolución. Fuente: Elaboración propia

Se observa la inter-relación entre la reducción de fallos a partir del tercer semestre con el número de horas que de igual manera se ven reducidas (gráfica 9). Todo ello motivó una sensación y ambiente de eficiencia entre todo el equipo humano de mantenimiento, reforzando su misión en la empresa y justificando los esfuerzos establecidos, justificando el coste de inversión que implica una mejora de la fiabilidad (Tianqing et al., 2009).



Gráfica 9. N° de incidencias y horas mantenimiento. Fuente: Elaboración propia

7. Conclusiones

Alguno de los problemas fundamentales para la optimización de la función de mantenimiento, vienen como consecuencia del factor humano, que sin embargo afecta a funciones transcendentales y tácticas de la empresa (fiabilidad, productividad, eficiencia energética, etc.) y que se hace todavía más patente en el caso de grandes compañías, que tienen multitud de plantas con una gran diversificación geográfica. En estos casos, el intercambio y transvase de información entre ellas, así como, el disponer de una gestión de conocimiento común, hace que ésta se vea mejorada.

Aunque existen multitud de técnicas organizativas de mantenimiento y se investiga sobre nuevos desarrollos (Sharma et al., 2011; Salonen et al., 2011; Wu et al., 2010), buscando la confiabilidad de todo el sistema (Wu et al., 2006), marcando su dimensión estratégica dentro de la empresa (Tsang et al., 2002) normalmente no integran la relevancia del conocimiento estratégico que interno en la organización de manera tácita, formando diferentes islas de información y conocimiento que hace menos productivo el servicio prestado. Mediante la utilización conjunta de modelos de gestión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento, se tiende a resolver las barreras de captura del conocimiento estratégico, que redundan en todos los miembros de la organización.

Las principales contribuciones de la investigación que se presentan en este artículo y permiten extender el conocimiento en las acciones de mantenimiento, en base a la utilización de técnicas de gestión del conocimiento centradas en las acciones estratégicas fundamentales tales como la fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética:

- ♦ Se resumen los principales factores que marcan la relevancia de la gestión del conocimiento que influyen en las acciones tácticas de mantenimiento, comprobando sobre una planta industrial la viabilidad del modelo señalado, que afecta a los aspectos estratégicos de la empresa, todo ello fundamentado en la implicación de la dirección, implicación de los trabajadores, estrategias de aprendizaje hacia una tendencia a compartir conocimiento, necesidad de definir y medir acciones estratégicas, y motivación de los operarios.
- ♦ Se muestra que un modelo de GC basado en las actividades estratégicas que tiene asignado la organización de mantenimiento (Fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación de instalaciones), es rentable para la propia organización de mantenimiento y por extensión, para la empresa.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

- ♦ Se muestra que al aunar el conocimiento de las acciones estratégicas se potencian las relaciones entre la fiabilidad, mantenibilidad y eficiencia energética, que aumentan la eficiencia de toda la organización.
- ♦ Se pueden reducir los costes de mantenimiento sin degradación de la fiabilidad.
- ♦ La mejora de la eficiencia energética, redundando en mejorar la mantenibilidad de las instalaciones y la fiabilidad de los procesos, con reducción de fallos.
- ♦ Se puede mejorar la seguridad y la disponibilidad de las instalaciones (poniendo más atención a las frecuencias y a los elementos a mantener).
- ♦ Se puede aumentar el ciclo de vida de los equipos e instalaciones, como consecuencia del menor desgaste y la observación continuada en la utilización óptima.

La principal limitación de este estudio está en que la empresa donde se ha investigado y modelado la implantación del modelo planteado, pertenece al sector industrial alimentario, con diversas factorías a nivel nacional. Los autores piensan que el resultado es extensible a otros sectores y otros ámbitos territoriales, dado que aunque las instalaciones y los procesos productivos pueden variar de una empresa a otra, la esencia de las acciones estratégicas de mantenimiento están presentes en todas ellas, aunque con otra posible ponderación de su incidencia, diferente a la planteada en este estudio.

Debido a esto, los autores piensan que el resultado de la investigación puede ser generalizable a diferentes sectores y no sólo al sector alimentario. Este modelo en sectores de servicios como pueden ser el de infraestructuras hoteleras, grandes centros comerciales, empresas de distribución de energía eléctrica o distribución de agua sanitaria, etc., podría ser adaptado, teniendo en cuenta el desempeño del sector tratado.

Sería conveniente también, continuar con la línea de investigación realizando un análisis cuantitativo que permita validar los resultados cualitativos del presente estudio, tanto en el alimentario, como en otros sectores.

8. Referencias

- Aghezzi, E.H., Jamali, M.A. and Ait-Kadi, D. (2007), "An integrated production and preventive maintenance planning model. European Journal of Operational Research. No. 181, pp. 679-685.
- Alcázar, M; Álvarez, C.; Escrivá, G.; Domijan, A. (2012). Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. Applied Energy 92 (2012). pp 84-91.
- Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies, productivity and profitability. International Journal of Production Economics. Vol. 105 No. 1. pp. 70-78.
- Badia, F.G.; Berrade, M.D.; Campos, C.A. (2002). Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures. Reliability Engineering and System Safety. Vol. 78 No. 1, pp. 157-63.
- Bailey, K.; Francis, M. (2008). Managing information flows for improved value chain performance. International Journal of Production Economics. Vol. 111 No. 1, pp. 2-12.
- Basim Al-Najjar and Mirka Kans. (2006). A model to identify relevant data for problem tracing and maintenance cost-effective decisions. A case study. International Journal of Productivity and Performance Management. Vol. 55 No. 8, 2006. pp. 616-637.
- Bueno, E. (2002): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en La Sociedad del Conocimiento, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.
- Cabau, E. (2000). Introducción a la concepción de la garantía de funcionamiento. Cuaderno Técnico Schneider nº 144. Barcelona.
- Carr, A.; Kaynak, H. (2007). Communication methods, information sharing, supplier



- development and performance: an empirical study of their relationships. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 27 No. 4, pp. 346-70.
- Charmaz, K. (2006): *Constructing grounded theory. A practical guide through qualitative analysis* SAGE, London.
- Chee, A.; Bañares, R. (2012). A knowledge representation model for the optimisation of electricity generation mixes. *Applied Energy* (2012). Available online.
- Dhillon, B.S.; Liu, Y. (2006). Human error in maintenance: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 12 No. 1, pp. 21-36.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006a). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*. 83 (2006). pp 1235–1248.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006b). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy*. 83 (2006). pp. 1163–1179.
- Eti , M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2007). Integrating reliability, availability, maintainability and supportability with risk analysis for improved operation of the Afam thermal power-station. *Applied Energy*. 84 (2007) 202–221.
- Glaser, B. G.; Strauss, A. L. (1967): *The discovery of grounded theory* Aldine deGruyter, New York.
- Jo, Y.; Park, K. (2003). Dynamic management of human error to reduce total risk. *Journal of Loss Prevention in Process Industries*. Vol. 16 No. 4, pp. 313-21.
- Kans, M. (2009). The advancement of maintenance information technology A literature review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 15 No. 1, 2009. pp. 5-16.
- Lind, S.; Nenonen, S.; Kivisto-Rahnasto, J. (2008). Safety risk assessment in industrial maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 14 No. 2, 2008. pp. 205-217.
- Lopez, P.; Centeno, G.. (2005). Integrated system to maximize efficiency in transit maintenance departments. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 55 No. 8, 2006. pp. 638-654.
- Nonaka, I. ; Takeuchi, H. (1995): *The knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, New York.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford. México.
- Peluffo, M., Catalán, E. (2002). *Introducción a la gestión del conocimiento y su aplicación al sector publico*. Ed. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación.
- Rankin, W.; Hibit, R.; Sargent, R. (2000). Development and evaluation of the maintenance error decision aid (MEDA) process. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Vol. 26 No. 2, pp. 261-76.
- Rodríguez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica. *Educar*, 37:25-39.
- Salonen, A.; Bengtsson, M. (2011). The potential in strategic maintenance development. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 4, 2011. pp. 337-350.
- Sharma, A.; Yadava, G. (2011). A literature review and future perspectives on maintenance optimization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 1, 2011. pp. 5-25.
- Sing, S. (2008). Role of leadership in knowledge management: A study. *Journal of Knowledge Management*, 12(4): 3-15. doi:10.1108/13673270810884219.
- Tianqing, S.; Xiaohua, W.; Xianguo, M. (2009). Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China. *Applied Energy* 86 (2009). PP 2262–2267.
- Tsang, A. (2002). Strategic dimension of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 8 No. 1, pp. 7-39.
- Tsarouhas, P. (2007). Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 13 No. 1, 2007. pp. 5-18.
- UNE 216501:2009. Sistema de gestión energética. Requisitos. Aenor, Mayo 2009.
- UNE-EN 13306, (2010). Mantenimiento: Terminología de mantenimiento. Aenor, Marzo 2011.
- UNE-EN 13460, (2009). Terminología de mantenimiento. Aenor, Diciembre 2009.
- UNE-EN 15341, (2007). Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. Aenor, Septiembre 2008.
- UNE-EN 200001-3-11, (2003). Gestión de la confiabilidad: Parte 3-11: Guía de aplicación Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Aenor, Octubre 2003.
- UNE-EN 20464, (2002). Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 20654-4, (2002). Guía de mantenibilidad de equipos: Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEKOS
INDICE

mantenimiento. Aenor, Abril 2002.

UNE-EN 60706-2, (2006). Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo. Aenor, Mayo 2009.

Uusipaavalniemi, S.; Juga, J. (2009). Information integration in maintenance services. International Journal of Productivity and Performance Management. Vol. 58 No. 1, 2009. pp.92-110.

Wiig, K.M., (1997) "Integrating Intellectual Capital and Knowledge Management, Long Range

Planning, Vol. 30, núm. 3, Junio 1997.

Wu, S., Clements-Croome, D., Fairey, V., Albany, B., Sidhu, J., Desmond, D. and Neale, K. (2006). Reliability in the whole life cycle of building systems. Engineering, Construction and Architectural Management. Vol. 13 No. 2, pp. 136-53.

Wu, S.; Neale, K.; Williamson, M.; Hornby, M. (2010). Research opportunities in maintenance of office building services systems. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Vol. 16 No. 1, 2010. pp. 23-33.



**6.3. La sinergia entre el diseño de planta industrial y
mantenimiento-explotación eficiente. Un ejemplo de éxito:
El caso Martínez Loriente S.A.**

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



INDICE	Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS	Capítulo V	Capítulo IV	Capítulo III	Capítulo II	Capítulo I
--------	---	------------	-------------	--------------	-------------	------------



La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento- explotación eficiente. Un ejemplo de éxito: El caso Martínez Loriente S.A.

F. Javier Cárcel Carrasco*

** Instituto de Tecnología de Materiales, Departamento de
Construcciones Arquitectónicas, Universidad Politécnica
de Valencia, Camino de Vera S/N, 46022, Valencia,
España (e-mail: fracarc1@csa.upv.es)*

Resumen: Las políticas internas de una empresa tomadas en un momento dado, pueden influir de una manera decisiva en su éxito o fracaso en un medio o largo plazo. Cuando se trata de construir una nueva planta industrial, afectará de manera clónica las decisiones tomadas en el primer momento (Fiabilidad de las instalaciones y equipamiento, reducción tiempos paradas, eficiencia energética, acciones medioambientales). En este artículo se presenta un estudio de casos, donde los procesos y decisiones claves, que propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento, y apoyadas por la presidencia y dirección general de la empresa, han hecho de las factorías para la producción de productos cárnicos de la empresa Martínez Loriente S.A., un referente para toda la industria en general, siendo en la actualidad una de las primeras empresas en el ámbito nacional y europeo en su sector.

Palabras Clave: Planta industrial, Mantenimiento industrial, Eficiencia energética, Gestión medioambiental.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

1. Introducción

El sector industrial agro-alimentario, en continua transformación, orientado hacia acciones de calidad, economía en la producción y aceptación del cliente final, plantea retos que pueden ser considerados de mayor incidencia que en otros procesos de otros tipos de industrias manufactureras. Cuando se plantea un proceso de construir nuevas plantas industriales con el fin de aumentar el nivel de producción o servicio, las decisiones tomadas, marcan en medio y largo plazo la trayectoria de la empresa. En este artículo, se presentan las instalaciones, experiencias y decisiones tomadas, propuestas por la propia dirección de ingeniería y mantenimiento de la compañía, y apoyadas por el presidente y la dirección general de la empresa, en la implantación de un complejo industrial propiedad de Martínez Lorient SA., orientado hacia la adecuada explotación y mantenimiento con un compromiso fundamental en la consecución de la eficiencia operativa, energética y respeto medioambiental.

2. Análisis de principios

El planteamiento de un nuevo proyecto industrial, debe tener como fin, marcar las condiciones físicas y económicas para la consecución del producto requerido. Es vital el conseguir un alto componente de disponibilidad, misión que debe ser seguida por las operaciones de mantenimiento. Que el mantenimiento industrial es una actividad estratégica dentro de los órganos tácticos de las empresas, es ampliamente aceptado por todos los órganos de gestión empresarial, aunque en muchas ocasiones olvidado o relegado a una segunda posición, o como un “coste económico” a asumir por los órganos de dirección (González, 2005, Tavares, 2004).

Toda planta industrial debería ser la fusión perfecta entre el Hombre y la Máquina, trabajando así como uno, donde la función principal del hombre es la obtención del mayor rendimiento de las Máquinas e instalaciones, y con cultura corporativa hacia el mantenimiento (Eti et al., 2006c), desarrollando los adecuados planes de mantenimiento, con adecuada eficiencia y reducción de costos (Eti et al., 2006a, 2006b, 2006d; Komonen, 2002; López et al., 2005; Emblemsuag et al., 2003).

La distribución de la planta se orienta normalmente al proceso o al producto, teniendo además un buen criterio de distribución. Para la obtención de un buen proceso productivo se deben aplicar métodos de ingeniería, con una evaluación constante para ver la reacción del personal con respecto a la aplicación del mismo.

Las afirmaciones sobre Desarrollo Sustentable hablan de acciones que debemos “tomar en cuenta” (Medio ambiente) como un reto hacia la protección de nuestro entorno, pero de esto surge una pregunta ¿Por qué afirmamos como un nuevo reto algo que debió ser obvio? (Vallaey, 2007).

La conciencia ecológica busca establecer un vínculo entre el medio ambiente y el individuo, cuyo propósito es que este último procure el bienestar y equilibrio entre ambas partes, ya que finalmente este será el más beneficiado (Corral, 2007), y en el caso de una conciencia medioambiental de una empresa, el conseguir la optimización con el respeto ecológico en sus propias plantas industriales.

Es por lo anterior que la tendencia industrial actual se ha esforzado en lograr que las instalaciones de producción sean cada vez más eficientes (Amorós, 2003), con la máxima disponibilidad posible (Ogaji et al., 2002), distribuyendo a los departamentos de tal manera que influyan positivamente en la forma en la que la planta opera (Sule, 2001).

Los objetivos comúnmente más relevantes que se buscan con la distribución de planta son (Arnoletto, 2007):

- Determinación del equipo, instalaciones y las herramientas para llevar a cabo el proceso productivo.
- Diseño del layout de la planta.
- Distribución de departamentos.
- Disposición de Maquinaria e instalaciones.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Estimación de los costos de inversión por conceptos del equipo y materia prima.

La planta puede ser distribuida de acuerdo a las necesidades de la misma integrando la fiabilidad y la disponibilidad requerida (Eti et al., 2007), teniendo como resultado diferentes tipos de distribución, como lo son la distribución orientada al producto, al proyecto, al proceso, la distribución para oficinas, almacenes o las híbridas. (Jiménez, 2001). Sin embargo, las empresas deben implementar distribuciones flexibles, es decir, aquellas que les permitan una adaptación a cambios tecnológico y productivos, capaces de incorporar las características de las distribuciones básicas. (Baca, 2001). Finalmente, lo importante en una distribución es que esta satisfaga las necesidades básicas de una empresa, que son el flujo continuo de información y de materiales, ambos de una manera sencilla y fácil. (Félix, 2002).

Partiendo de la experiencia de Martínez Loriente S.A., en la ejecución de sus nuevas factorías, y teniendo en cuenta las consideraciones generales para el adecuado proyecto del proceso productivo, y una filosofía de calidad total basada en los círculos de Deming (Figura 1), donde se apuntaron como principios fundamentales del diseño e implantación de sus instalaciones los siguientes:

- Diseño basado en la fiabilidad.
- Diseño basado en la Mantenibilidad.
- Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.
- Diseño basado en el respeto medio ambiental.
- Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.

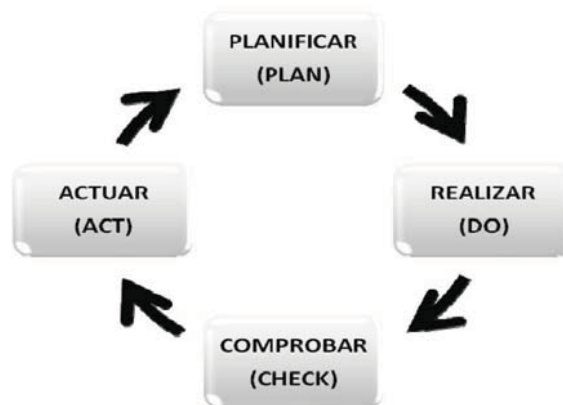


Figura 1: Ciclo de mejora continua de Deming. Fuente: elaboración propia.



3. Las instalaciones y los procesos en el diseño y ejecución.

En la industria cárnica los parámetros de calidad necesarios son amplios y en continua superación. Es lógico que en el planteamiento del diseño de una nueva factoría (Figura 2), dichos valores quieran estar implícitos desde un inicio. Una fase del comienzo del éxito es amplificar la sinergia entre los grupos intervinientes: Ingeniería, empresas instaladoras y montadoras, y sobre todo, el propio conocimiento de la organización (que son los que de verdad saben que quieren, necesitan, y cómo operan).



Figura 2: Implantación de nuevas factorías de Martínez Loriente S.A. Fuente: elaboración propia.

En base a ello, se partió con el diseño del propio polígono industrial donde estarían ubicadas las factorías, el entorno de respeto medio-ambiental requerido, y las pautas de suministro energético y de fluidos, basado en la fiabilidad total en la calidad del suministro.

La segunda fase consistió en el propio diseño de las factorías y sus instalaciones con los criterios basados en el apartado anterior, en un entorno de fiabilidad total, mantenibilidad y operación ágil y estructurada, respeto medio-ambiental y máxima eficiencia energética, así como la consideración de los mecanismos para la captación de la información útil y con ello la adecuada gestión del conocimiento.

3.1. El Diseño basado en la fiabilidad.

La fiabilidad es el recurso fundamental para conseguir la optimización de los equipos productivos e instalaciones y minimizar el número y tipo de fallos que puedan producir el paro en la producción.

Se partió, con los criterios siguientes en referencia a la energía eléctrica, que conllevo al desarrollo de los proyectos de distribución eléctrica (Figura 3):

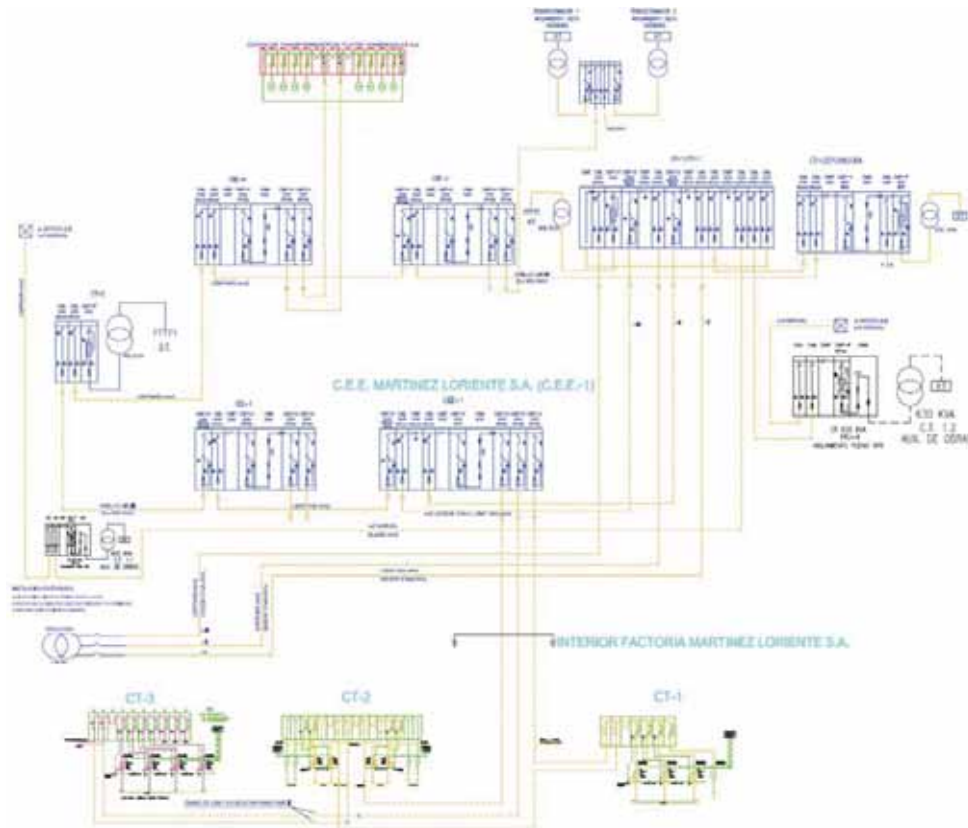


Figura 3: Esquemas implantación redes alta tensión y centros de transformación para abastecimiento energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

-Suministros redundantes desde la propia subestación, con disponibilidad de potencia hasta 35.000 kW.

-Posibilidad de suministro alternativo desde distintas subestaciones, evaluando el costo y la fiabilidad (Tianqing et al., 2009), con un modelo optimizado optimo a las exigencias del servicio (Chee et al., 2012).

-Centros de entrega redundantes en la propia urbanización.

-Sistemas telemandados remotos de control y conmutación de redes, automáticos, para la utilización ante acciones críticas.

De igual manera dentro de la propia distribución interior de la factoría, algunas de las decisiones importantes para el aumento de dicha fiabilidad en el conjunto de las instalaciones y servicios fueron las siguientes:

a) *Aumento de la fiabilidad eléctrica:*

Con una potencia instalada superior a los 25000 Kw, la distribución interior está formada por 16 transformadores secos de 1250 kVA cada uno, centralizados en tres centros de transformación independientes, con un diseño basado en los centros de gravedad de las cargas. Algunas de las características generales tomadas son:



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

-Sistemas redundantes en las instalaciones eléctricas de media tensión (20 kV), tanto a nivel de líneas como transformadores de potencia, como la redundancia en las redes principales de BT (400/230V).

-Sustitución de los cables de potencia de BT por canalizaciones electrificadas prefabricadas (Figura 4), con el fin de reducir la probabilidad de fallo por dichos componentes y capacidad de carga en un momento dado.



Figura 4: Detalle sistema de canalización electrificada y transformadores secos. Fuente: Elaboración propia.

- Cuadros eléctricos de potencia tipo OKKEN, con interruptores de potencia extraíbles, con el fin de prever de una manera rápida y eficaz, posibles sustituciones sin afectar a la producción.

-Sistemas de alimentación ininterrumpida mediante SAIs dinámicos (Volantes de inercia).

-Sistema de monitorizado y control de la distribución eléctrica. Control de las instalaciones de iluminación.

b) Aumento de la fiabilidad térmica, frío industrial y distribución de agua:

-Sistemas térmicos (agua y vapor)

Con una potencia térmica instalada para servicio de agua cliente y producción de vapor de 15200 Kw, formada por 4 calderas con regulación de necesidades térmicas (Figura 5), da servicio a las necesidades de agua caliente y vapor para las actividades de producción, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales.



Figura 5: Detalle de sala técnica térmica de calderas, diseñada para las correctas funciones de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

-Sistemas redundantes distribución de agua

Sistemas de impulsión de agua sanitaria, de limpieza, osmotizada, formada por 2 plantas de ósmosis, con control informatizado centralizado, y sistemas con regulador por variador para conseguir presiones constante y alto nivel de eficiencia energética. Además de la redundancia en los sistemas de bombeo, se ha ejecutado sistemas anillados en la distribución, con múltiples válvulas de bypass (posibilidad de otras vías de suministro, maniobras y mantenimiento).

-Sistemas de frío industrial

Sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO₂, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con una potencia frigorífica instalada de 17660 kW, formada por 11 compresores con regulación automática de necesidades frigoríficas, da servicio a las necesidades de producción y almacenamiento de cámaras frigoríficas, con un diseño basado en la optimización energética y necesidades puntuales. Con capacidad de reserva para sustituciones, paradas y acciones de mantenimiento.

3.2. El Diseño basado en la Mantenibilidad.

Uno de los pilares básicos de la disponibilidad es la mantenibilidad. Es por ello que fue uno de los criterios fundamentales en el diseño de la planta industrial: Conseguir los requerimientos necesarios para un mantenimiento eficiente, ágil, y económico para la máxima disponibilidad operacional (Oke, 2005), con los mejores modelos y herramientas para la evaluación de su costo (Leung et al., 2003; Mirghani, 2003).

Las opciones para ello fueron:

-La normalización y homogenización del mayor número de equipos y componentes utilizados en las instalaciones industriales.

-La aplicación de tácticas de mantenimiento, basadas desde la base con un TPM (Mantenimiento productivo total) en los niveles de producción, con la incorporación de mecánicos productivos, hasta los requisitos de un mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM) utilizado en los equipos e instalaciones más avanzadas y críticas, con incorporación de técnicas de gestión del conocimiento como elementos de auto-aprendizaje y decisión, para la reducción de tiempos de actuación ante averías o fallos cíclicos y no cíclicos (Figura 6).



Figura 6. Principios de mantenimiento en las factorías de Martínez Loriente S.A. Fuente: Elaboración propia.

-El diseño de las salas técnicas, patinillos y posibles zonas de actuación de mantenimiento, con criterios de espacio suficiente, y acceso practicable en cualquier momento, que posibilite con facilidad y agilidad posibles sustituciones y maniobras comunes de mantenimiento (Figura 7). Este aspecto, normalmente olvidado en los diseños, es vital para la futura operación, rentabilidad en operación y eficiencia en las actividades ante fallos o mantenimientos rutinarios.



Figura 7: Detalle de salas técnica, diseñada para las correctas funciones de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

3.3. El Diseño basado en la eficiencia energética y energías alternativas.

Una determinación fundamental del presidente de la compañía y apoyada por la dirección general de la empresa y el director de ingeniería, fue el diseño basado en la máxima eficiencia energética y el uso de energías alternativas, uno de los aspectos tácticos y económicos que deben estar presente en todas las organizaciones de mantenimiento (Cárcel, 2010).

De entre los muchos criterios utilizados y ejecutados, se podrían destacar:

-Control centralizado e informatizado, de la instalación eléctrica y control instantáneo de consumos generales y locales, con implantación de sistemas de medición en todas las líneas generales en los cuadros diseñados (Figura 8).



Figura 8: Detalle de sistemas de control y seguimiento en cuadros generales. Fuente: Elaboración propia.

-Control informatizado de los sistemas de iluminación de toda la factoría y su sectorización a distancia, y de manera local mediante sectorizaciones parciales (sólo en marcha con tarjeta acceso). Todo el sistema de iluminación interior fluorescente dispone de sistema de regulación de flujo, para mayor optimización en uso y mayor vida operativa de las lámparas.

-Implantación en diseño y ejecución de variadores de velocidad con control electrónico en sistemas de bombeo y distribución de fluidos (Figura 9), con el fin de optimizar la eficiencia energética, regulación fina de presiones y caudales, menor desgaste del equipamiento y por consiguiente reducción de los coste de mantenimiento y aumento de la vida útil.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI:
APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Figura 9: Detalle de salas fluidos, con sistemas de regulación mediante variadores electrónicos. Fuente: Elaboración propia.

-En los sistemas de refrigeración industrial (Figura 10), uno de los recursos principales de la factoría, con el fin de aumentar la eficiencia energética y fiabilidad del sistema, se instaló un sistema combinado de refrigeración industrial mediante compresores de amoníaco y de CO₂, con ciclo de eficiencia energética con recuperación de calor. Con la recuperación de calor se consigue aprovechar la descarga de los compresores de amoníaco que es de 70°C y pasarla por un intercambiador de amoníaco/agua, que por seguridad se vuelve a pasar por otro intercambiador agua/agua, consiguiendo que esa energía residual sea aprovechada para que el agua que nos llega de la red de distribución a 15° (por ejemplo) se caliente a unos 30°, este aumento de 15°, además de conseguir ahorro energético, ayuda a la condensación del amoníaco ahorrando energía en las torres de condensación. Así mismo todos los compresores están dotados de variadores electrónicos de velocidad para optimizar sus prestaciones y maximizar la eficiencia energética.



Figura 10: Detalle de sala técnica de refrigeración industrial, diseñada para las óptimas condiciones de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.

-En la apuesta por la utilización de energías alternativas, se procedió al diseño de una instalación fotovoltaica integrada en la zona industrial con potencia dentro de la factoría de

1.200 KW (400 kW en suelo y 800 kW sobre techos) (Figura 11). Esto confiere un aporte fundamental de energía solar, además de conseguir otros aspectos tales como uniformidad en la autonomía de la energía eléctrica suministrada (Estabiliza las caídas de tensión y la calidad de la energía eléctrica proveniente de las subestaciones).

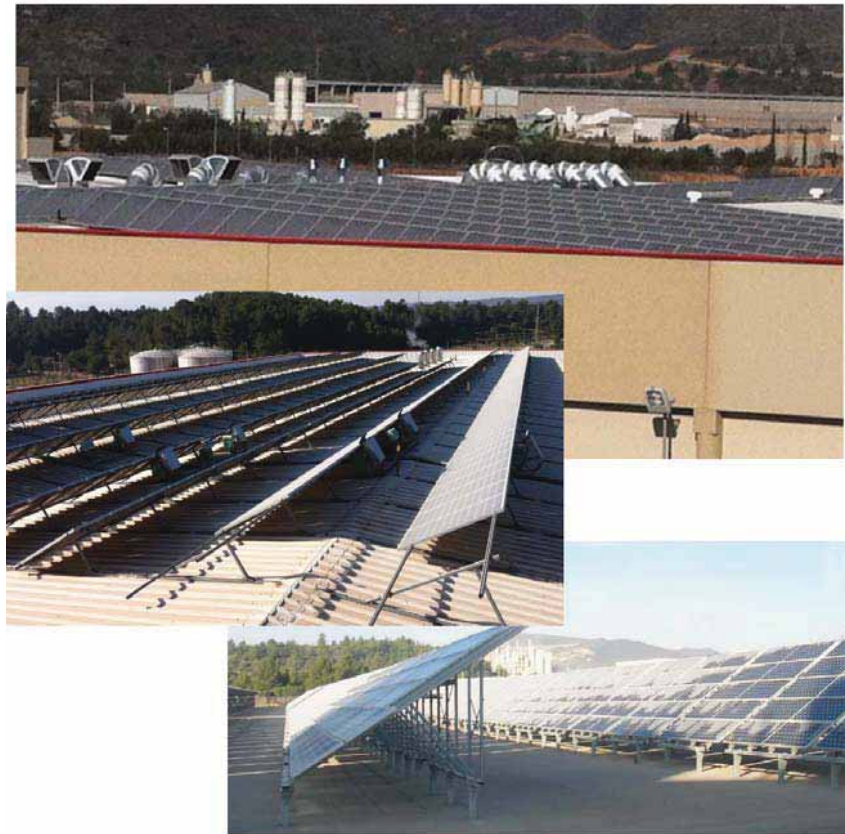


Figura 11: Detalle de sistemas fotovoltaicos instalados en suelo y sobre techo. Fuente: Elaboración propia.

3.4. El Diseño basado en el respeto medio ambiental.

Otros de los principios fundamentales, marcados por la dirección de ingeniería, fue el respeto medio-ambiental, no sólo en lo realmente obligatorio por normativas sectoriales, sino el adoptar las mayores medidas adicionales, que hicieran del proyecto una factoría totalmente respetuosa con el medio-ambiente. Algunas de las medidas adoptadas:

-Una primera fase fue el conseguir una Autorización Ambiental Integrada del complejo industrial de Martínez Loriente S.A., construyendo una depuradora de última generación, con capacidad de tratamiento de 2000m³/día y una carga de 66.700 habitantes equivalentes (h.e.).

Para mayor aprovechamiento de las aguas residuales, esta una vez depurada en óptimas condiciones, es subida mediante unas estaciones de bombeo a un lago artificial que se tiene en la zona de la entrada al polígono (Figura 12), desde esa agua, además de hacer una función ornamental, es utilizada para la utilización de riego de toda la jardinería del complejo industrial.



Figura 12: Detalle de lago artificial: misión mejora depuración, ornamental y aprovechamiento para riego. Fuente: Elaboración propia.

-Aprovechamiento aguas pluviales, del interior de la factoría, con autorización de Confederación Hidrográfica del Júcar. Para ello se construyó una red de recogida de pluviales, habilitándose un pozo de bombeo y tres depósitos de 1000m³ cada uno para almacenar el agua de lluvia (Figura 13). Dichos depósitos tienen un sistema de control y ajuste de hipoclorito para mantener el agua en condiciones óptimas. Los usos fundamentales de esa agua son:



Figura 13: Detalle de depósitos de almacenamiento de aguas pluviales. Fuente: Elaboración propia.

1. Producción de agua descalcificada para la refrigeración de los condensadores evaporativos (torres de refrigeración)
2. Suministro de agua para baldeos y limpieza de exteriores, y riego de la jardinería interior de la parcela
3. Limpieza de placas solares.
4. Abastecimiento a la fuente ornamental existente en la parcela

-Instalación industrial, libre de baterías para los sistemas de alimentación ininterrumpida, que son del tipo dinámico con volantes de inercia (Figura 14).

-Todos los transformadores se han considerado de tipo seco, para evitar el tratamiento y toxicidad de los aceites.



Figura 14: Detalle de sistema de alimentación ininterrumpida dinámica. Fuente: Elaboración propia.

3.5. El Diseño basado en la información y la gestión del conocimiento.

La información y datos es esencia vital para la funcionalidad óptima de los servicios de mantenimiento. En instalaciones complejas, se precisa la recolección de datos, con el fin de adecuar los programas de mantenimiento (Figura 15), control y operación de instalaciones y seguimiento de paradas o fallos.

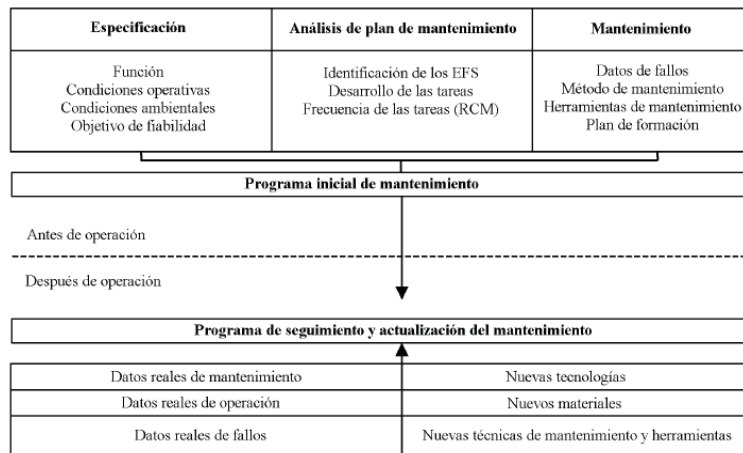


Figura 15. Evolución de un programa dinámico de mantenimiento RCM, e información requerida. Fuente: UNE-EN200001-3-11, 2003.

Es por ello incidir, desde la propia definición del proyecto, una tendencia en las actividades de mantenimiento para la adaptación de los procesos de gestión del conocimiento, integrado básicamente, por la generación, la codificación, la transferencia y la utilización del conocimiento (Nonaka et al., 1999), dado que por el propio desempeño de dicha actividad táctica, puede considerarse este, en un enfoque kantiano en el cual interactúan personas, instalaciones y entorno (figura 16), en el cual deben ser estudiadas todas las variables en conjunto.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

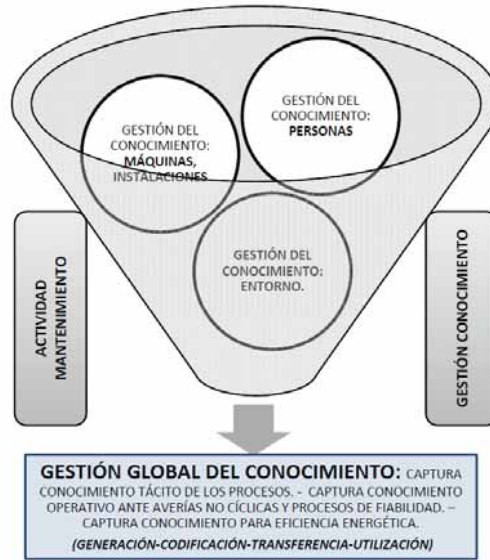


Figura 16. Enfoque kantiano de la actividad de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Consecuencia de ello y como fase fundamental es la captación adecuada de información, para un posterior procesamiento y tratamiento, generador del conocimiento propio en la organización y herramienta fundamental de mantenimiento, integrando la información útil y estratégica del servicio (Uusipaavalniemi et al, 2009; Bagchi et al, 2009), mejorando la cadena del servicio a prestar (Bailey et al., 2008).

Se ha desarrollado e implementado un modelo de gestión del conocimiento para la actividad de mantenimiento, con la captación del conocimiento tácito estratégico de los técnicos y operarios, así como la captura y gestión de información técnica de las instalaciones y equipamiento (Figura 17), para el control, visualización, obtención de datos operativos y registro de fallos, que permite tener controlado todos los parámetros fundamentales de las instalaciones y equipos, que optimizan el control de la fiabilidad de las instalaciones, la previsión de los programas de mantenimiento, así como un control y optimización de la eficiencia energética, demostrando que la aplicación de modelos de gestión del conocimiento dentro de los departamento de mantenimiento de la empresa, permite optimizar los procesos y mejorar la disponibilidad del servicio y mejores resultados económicos para la empresa.

Dentro de las actividades internas de la empresa industrial, el mantenimiento necesita conocimientos técnicos profundos, alta experiencia en su personal y tradicionalmente ha sido la estructura dentro de la empresa donde existe mayor componente de conocimiento tácito (Cárcel, 2010). Dado que sus funciones afectan directamente a la fiabilidad de los sistemas e instalaciones (Sols, 2000), eliminación de paradas no deseadas y actuación ante procesos críticos, se ve la necesidad de la adecuada gestión de dicha información/conocimiento dado que puede tener un gran valor estratégico para la empresa.

Aunque según las encuestas sectoriales, normalmente (AEM, 2010), los servicios técnicos de mantenimiento de la mayoría de las empresas, dedican poca inversión al conocimiento y desarrollo de dicha actividad, en el caso de Martínez Loriente S.A., se ha realizado una apuesta con un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento,

con convenio con la Universidad Politécnica de Valencia para el desarrollo y mejora de los servicios de explotación y mantenimiento, buscando de esta manera, una profundización y mejora en dichas actividades.

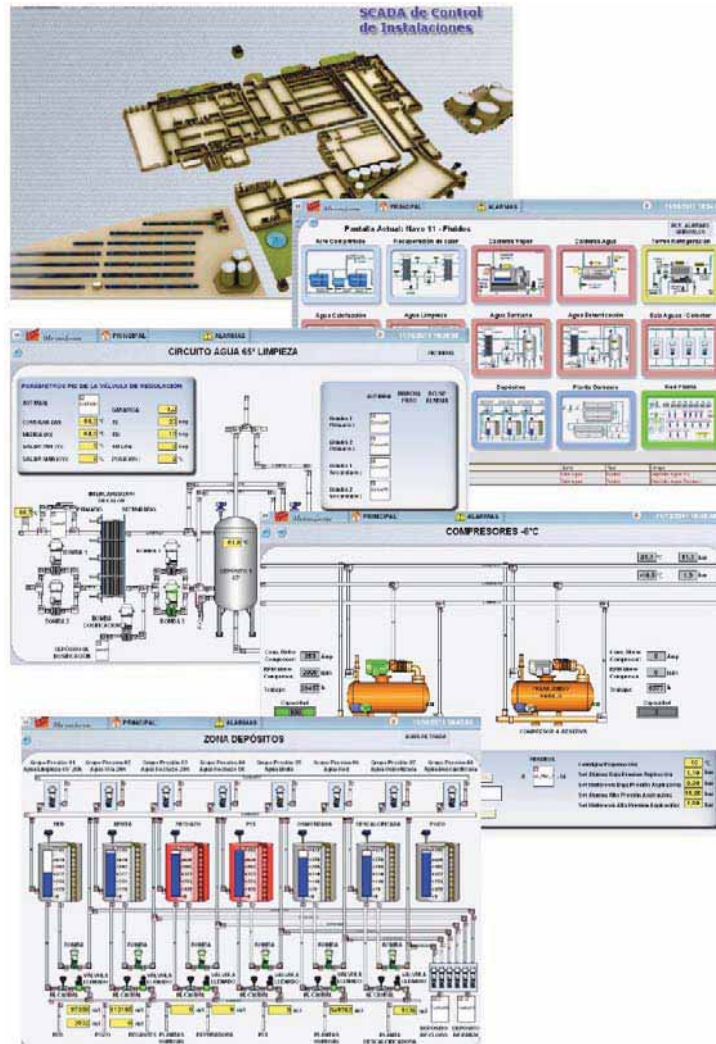


Figura 17: Detalle del sistema de captura y gestión de la información técnica Scada de Martínez Loriente S.A. Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

Se han descrito los principios generales de una implantación de nueva planta industrial, donde decisiones y consideraciones tomadas en un primer momento por la concienciación y decisión de una dirección general, con criterios de calidad, eficiencia y miras a medio plazo, han conseguido una implantación industrial que marca un referente en la industria alimentaria.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI:
APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Basados en unos principios fundamentales tales como Diseño basado en la fiabilidad, Mantenibilidad, eficiencia energética y energías alternativas, el respeto medio ambiental y el diseño basado en la información y la gestión del conocimiento, se ha conseguido, una industria, que cumpliendo todas las expectativas de producción (requisito fundamental en cualquier planta industrial), ha ido un paso más, cumpliendo las condiciones de mantenibilidad eficaz en el futuro, junto con un respeto ecológico.

La sinergia con los órganos intervinientes en la ejecución de la planta industrial unido a la determinación y el compromiso de la dirección de ingeniería de la propia empresa, han sido determinantes para conseguir, a un nivel de inversión y costes adecuados, conseguir una planta con capacidad de mejora y rentabilidad económica, control de la información y el conocimiento, para las funciones futuras de explotación y mantenimiento que se deben cumplir.

Dado que el conocimiento es la base de la competitividad de la industria en el siglo XXI, se tiene un compromiso con la investigación y desarrollo en las áreas técnicas de mantenimiento (algo poco común en la industria en general), teniendo desde el año 2010 un convenio con la Universidad Politécnica de Valencia para el desarrollo y mejora de los servicios de explotación y mantenimiento, buscando de esta manera, un paso adelante, que es lo que marca a una empresa de primer nivel.

Se ha conseguido una planta industrial donde los sistemas técnicos de gestión de mantenimiento buscan superar metas de productividad, mejorando la implantación y las políticas basadas en los cálculos de la fiabilidad de diseño, buscando la eficacia global atendiendo a la operativa, desarrollando una filosofía de la utilidad y la necesidad, tanto a nivel de procesos (de gestión u operativos) como de conocimiento sustantivo, presente en el comportamiento humano (Mc. Cormick, 2005). Se unen los principios del mantenimiento, con el factor energético (tanto de equipamiento e infraestructuras como del conjunto del sistema), con el fin de monitorizar el ratio de eficiencia energética, reducir los costes de mantenimiento, incrementar la fiabilidad técnica en los sistemas estratégicos de la industria y aumentar el ciclo de vida del equipamiento, con el respeto medio-ambiental. La empresa tratada en el presente caso ha recibido numerosos premios a la excelencia, destacando el reconocimiento con la obtención del primer premio a la excelencia a la mejor industria española y segunda europea, durante el año 2009.

5. Referencias

- AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento;. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- Alcázar, M; Álvarez, C.; Escrivá, G.; Domijan, A. (2012). Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. *Applied Energy* 92 (2012). pp 84–91.
- Amorós, E. (2003). Diseño del lugar de trabajo. Lima: USAT.
- Arnoletto, E. (2007). Administración de la producción como ventaja competitiva. Argentina: Eumed.
- Baca, G. (2001). Evaluación de proyectos. México: McGraw-Hill.
- Bagchi, P.; Skjoett-Larsen, T. (2003). Integration of information technology and organizations in a supply chain. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 14 No. 1, pp. 89–108.
- Bailey, K.; Francis, M. (2008). Managing information flows for improved value chain performance. *International Journal of Production Economics*. Vol. 111 No. 1, pp. 2–12.
- Cárcel Carrasco, F.J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.
- Carr, A.; Kaynak, H. (2007). Communication methods, information sharing, supplier development and performance: an empirical study of their relationships. *International Journal of Operations & Production*



- Management. Vol. 27 No. 4, pp. 346-70.
- Chee, A.; Bañares, R. (2012). A knowledge representation model for the optimisation of electricity generation mixes. *Applied Energy* (2012). Available online.
- Corral A., Isusi, I., Peinado E. y Pérez, T. (2007). La responsabilidad Social y medio ambiental en la empresa Latinoamericana. México: Banco Internacional de Desarrollo.
- Emblemsuag, J.; Tonning, L. (2003). Decision support in selecting maintenance organization. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 9 No. 1, pp. 11-24.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006a). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*. 83 (2006). pp 1235–1248.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006b). Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries. *Applied Energy* 83 (2006). pp. 1163–1179.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006c). Impact of corporate culture on plant maintenance in the Nigerian electric-power industry. *Applied Energy* 83 (2006). pp. 299–310.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2006d). Strategic maintenance-management in Nigerian industries. *Applied Energy* 83 (2006). pp.211–227.
- Eti, M.C.; Ogaji, S.; Probert, S. (2007). Integrating reliability, availability, maintainability and supportability with risk analysis for improved operation of the Afam thermal power-station. *Applied Energy* 84 (2007) 202–221.
- Félix, O. (2002). *Introducción a la producción*. Madrid: Universidad Politécnica de Coruña.
- González, F.J. (2005); *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Fundación confemetal. Madrid.
- Jiménez, P. (2001). *El diseño del proceso*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Komonen, K. (2002). “A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 79 No. 1, pp. 15-31.
- Leung, K.; Lai, K. (2003). A case study on maintenance of bus engines using the sequential method. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 20No. 1, pp. 255-67.
- Lopez, P.; Centeno, G. (2005). Integrated system to maximize efficiency in transit maintenance departments. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 55 No. 8, 2006. pp. 638-654.
- Mc. Cormick, E. (2005). *Factores humanos en ingeniería y diseño*. Colombia: Gustavo Gili S.A.
- Mirghani, M.A. (2003), “Application and implementation issues of a framework for costing planned maintenance”, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp. 436-49.
- Moubray, J., (1991). “Reliability-Centered Maintenance”, Butterworth-Heinemann, Oxford (1991).
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1999). *La Organización Creadora de Conocimiento*. Oxford. México.
- Ogaji, S.; Sampath, S.; Singh, R.; Probert, D. (2002). Novel approach for improving power-plant availability using advanced engine diagnostics. *Applied Energy* 72 (2002). pp. 389-407.
- Oke, S. (2005). An analytical model for the optimisation of maintenance profitability. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 54 No. 2, 2005. pp. 113-136.
- Qoaidar, L.; Steinbrecht, D. (2010). Photovoltaic systems: A cost competitive option to supply energy to off-grid agricultural communities in arid regions. *Applied Energy* 87 (2010). pp 427–435.
- Sols, A. (2000). *Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico*. Comillas, Madrid.
- Sule, D. (2001). *Instalaciones de manufactura: Ubicación, planeación y diseño*. México: Thomson Learning.
- Tavares L. (2004). *Administración moderna de Mantenimiento*. Editorial Interamericana S.A.
- Tianqing, S.; Xiaohua, W.; Xianguo, M. (2009). Relationship between the economic cost and the reliability of the electric power supply system in city: A case in Shanghai of China. *Applied Energy* 86 (2009). PP 2262–2267.
- Uusipaavalniemi, S.; Juga, J. (2009). Information integration in maintenance services. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 58 No. 1, 2009. pp. 92-110.
- Vallaes, F. (2007). *Responsabilidad social universitaria. Programa para la formación en humanidades*. México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Whipple, J.; Russell, D. (2007). Building supply chain collaboration: a typology of collaborative approaches. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 18 No. 2, pp. 174-96.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI: APLICACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO Y RESULTADOS
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII:
CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

ANEXOS

INDICE

Capítulo VII. Conclusiones y Desarrollos Futuros



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE



7.1. Introducción

En el presente trabajo de investigación se ha estudiado los procesos definidos como tácticos de la actividad de la ingeniería del mantenimiento (Al-Turki , 2011; Cárcel 2010; Alsyouf, 2007; Khalil et al., 2009; Liyange, 2003; Murthy et al, 2002; Tsang, 2002), en especial a sus características de utilización y transferencia del conocimiento estratégico, que afecta de manera especial a las características de productividad y eficiencia de la empresa. Se han estudiado los procesos de captación, generación y transferencia del conocimiento, detectando las barreras y facilitadores que hacen más efectivo el proceso y que se visualizan en los diferentes estudios sectoriales (AEM, 2010). Se ha definido unos principios y un modelo de gestión del conocimiento en su aplicación al mantenimiento industrial basado en lo que se ha definido como sus actividades estratégicas fundamentales (La fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación de las instalaciones), basándose gran parte de la investigación en los datos de observación, cualitativos y cuantitativos en una industria del sector industrial alimentario, en un proceso de estudio de campo de tres años, obteniéndose unos resultados que muestran el éxito del modelo.

A continuación se describirán las conclusiones de la investigación, se mencionarán las aportaciones más relevantes de la tesis y algunos de los posibles trabajos futuros que pueden continuar desarrollándose como resultado de la presente investigación.

7.2 Conclusiones y resultados

El primer objetivo conseguido es la tesis en si misma. Se ha estructurado la tesis en doce artículos con el fin de mostrar los datos de la investigación y posibilitar la publicación en revistas especializadas. Se ha obtenido la publicación de tres artículos en revistas del sector temático, se han revisado y aceptado dos artículos para congresos nacionales de relevancia, y uno ha sido revisado y aceptado en un congreso internacional. De igual manera otros cinco artículos están en proceso de revisión en revistas internacionales.

En el presente trabajo de tesis se presenta un modelo para el mantenimiento basado en técnicas de de gestión de conocimiento, incidente en sus aspectos estratégicos fundamentales que desarrolla en la empresa. Para ello se ha realizado un estudio exploratorio para definir y extraer las características de los procesos que se dan en el desempeño en esta actividad, extrayéndose las barreras y condicionantes con que se encuentran dichos departamentos y los facilitadores fundamentales para vencerlos. En base a ello y basado en la literatura existente sobre gestión del conocimiento, se han definido los principios y desarrollado un modelo para su aplicación al mantenimiento. Se ha realizado una investigación de campo en el entorno de una industria del sector alimentario durante un proceso de tres años, obteniendo unos resultados que confirman la bonanza del modelo.

Las aportaciones más relevantes se centran en como se muestran las características del uso del conocimiento en mantenimiento en gran parte de las empresas, y la cuantificación de las mejoras que se obtienen con la mejora de esa información y

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE



conocimiento estratégico, que normalmente y pese a tener un alto valor intangible, no está custodiado y en poder de la empresa, sino que se encuentra en gran medida en forma tácita entre los operarios de mantenimiento.

A continuación, se describen de manera más detallada, las principales aportaciones del presente trabajo de investigación en relación a la forma de realizar los procesos de del conocimiento en las organizaciones de mantenimiento, considerando posteriormente el enfoque utilizado en el modelo y metodología planteados:

- Se han definido en base a la revisión de la literatura y encuestas sectoriales, la incidencia operativa de la ingeniería del mantenimiento sobre los diferentes aspectos estratégicos de la empresa (Tabla 7.1.). Con el fin de plantear la visión inicial de la investigación, se ha realizado una aproximación de la posible incidencia que afectaría al mantenimiento por la mejora de los procesos de gestión de conocimiento entre el personal de dicha organización (Tabla 7.2.).

ASPECTOS TÁCTICOS EN LAS EMPRESAS	INCIDENCIA OPERATIVA DEL MANTENIMIENTO
Producción	Alta incidencia, afectando directamente a los niveles de paradas y fiabilidad.
Amortización inmovilizado	Aumenta la vida operativa del inmovilizado.
Reparaciones y conservación	Responsabilidad directa
Inversión inmovilizado	Cesión a mantenimiento, una vez realizada. Conviene su punto de vista y experiencia en la elección.
Personal	En referencia a mantenimiento, es necesaria alta cualificación y experiencia.
Capacitación y formación	En referencia al mantenimiento, la formación debe integrarse con sus funciones tácticas fundamentales.
Servicios exteriores y subcontratación.	Todas las empresas subcontratadas de mantenimiento o para reparaciones deben ser controladas por mantenimiento.
Consumo energético	Debe ser una de las funciones principales de la organización del mantenimiento, el control y seguimiento del consumo energético.
I+D	En las acciones de I+D destinados a equipos, instalaciones y procesos, debe estar la visión del departamento de mantenimiento.

Tabla 7.1: Aspectos tácticos de las empresas y su relación con mantenimiento.

ASPECTOS TÁCTICOS DEL MANTENIMIENTO	POSIBLE INCIDENCIA POR LA ACCIÓN DE LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
Fiabilidad, disponibilidad en la producción/explotación en la empresa.	El almacenamiento, transmisión y gestión del conocimiento, aumenta la productividad general de la empresa (menores paradas no programadas)
Ciclo de vida del equipamiento e instalaciones	Información operativa del equipamiento que inciden en su durabilidad y buenas prácticas.
Reparaciones y conservación	La captación del conocimiento de lo realizado, elimina paros no deseados. Transmisión conocimiento a otros operarios.
Personal	Captación del conocimiento tácito del personal en base a la experiencia operativa. Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal. Ayuda a reciclaje de personal existente.
Cualificación del personal y formación.	La formación debe tener un componente importante sobre la gestión de experiencias operativas en la propia planta. Creación de sistemas de auto aprendizaje.
Técnicas organizativas mantenimiento	Deben ser implantadas, y capturar y transmite el conocimiento generado. Deben ser implantadas por el propio personal. Análisis de datos obtenidos.
Mantenimiento preventivo/ correctivo.	Gestión de la experiencia y conocimiento en la realización de las actividades de mantenimiento.
Trabajos de urgencia o críticos	Cualquier experiencia de urgencia o crítica, debe ser registrada. Debe servir para aprender ante actuaciones futuras.
Uso de la información y su gestión.	La gestión de la información debe ser ágil y útil. Los registros deben mostrar las experiencias e inquietudes del personal operativo de mantenimiento (bidireccional)
Gestión de la energía y su eficiencia.	Captura de las experiencias y buenas prácticas. Análisis por los miembros de mantenimiento. Conocimiento bidireccional

Tabla 7.2: Aspectos tácticos de mantenimiento y su incidencia ante acciones de gestión de conocimiento.

- A partir de estudios cualitativos, se han definido los flujos utilizados normalmente en la actividad de mantenimiento desde la adquisición, generación transferencia y utilización del conocimiento que utilizan los operarios y técnicos operativos de mantenimiento (Tabla 7.3.), y la aptitud hacia explicitar el conocimiento tácito, presente en gran medida en la organización. Esta aportación es fundamental para detectar las barreras y facilitadores para encaminar la organización hacia la captura del capital intangible y estratégico que es el conocimiento.

CATEGORÍA DEL FENÓMENO ESTUDIADO	TÉCNICOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO	MANDOS O JEFES DE MANTENIMIENTO
ADQUISICIÓN Y GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO	Externo: Suministradores de material y equipamiento. Catálogos y guías de fabricantes. Empresas instaladoras y montadoras externas. El propio cliente interno (Resto de la industria). Interno: Autoaprendizaje. Cursos de formación. Reuniones formales en el área. Reuniones informales con otros compañeros.	Externo: Contacto con empresas del sector (Áreas de producción y mantenimiento) Suministradores de material y equipamiento. Catálogos y guías de fabricantes. Empresas instaladoras y montadoras externas. El propio cliente interno (Resto de la industria). Consultas por internet. Asistencias a congresos y ferias sectoriales. Interno: Autoaprendizaje. Cursos de formación. Reuniones en el área
ELEMENTOS EN LA ADQUISICIÓN Y GENERACIÓN DEL CONOCIMIENTO	Actitud proactiva de la dirección. Motivación del personal. Oportunidad de aprender. Formar parte en la toma de decisiones. Formación específica en el entorno. Acceso ágil a fuentes externas.	Actitud proactiva de la dirección. Tamaño de la empresa. Motivación del personal. Oportunidad de aprender. Formar parte en la toma de decisiones de inversión. Formación específica en el entorno. Acceso ágil a fuentes externas.
TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO	Mecanismos Formales: Documentos. Intranet. Reuniones del área mantenimiento. Mecanismos Informales: Comunicación cara a cara. Pláticas de pasillo.	Mecanismos Formales: Documentos. Intranet. Reuniones del área mantenimiento. Análisis de datos cuantitativos de indicadores. Mecanismos Informales: Comunicación cara a cara. Pláticas de pasillo. Reuniones con compañeros de otras empresas. Correo electrónico. Intranet.
ELEMENTOS EN LA TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO	Ambiente de trabajo. Motivación del personal. Formar parte en la toma de decisiones. Herramientas sencillas de captación del conocimiento. Disponibilidad de tiempo.	Estilo directivo. Motivación del personal. Formar parte en la toma de decisiones. Herramientas sencillas de captación del conocimiento. Disponibilidad de tiempo.
UTILIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO	Resolución averías. Conocimiento del entorno. Ver oportunidades de acciones.	Planificación del mantenimiento. Marcar prioridades. Optimizar recursos técnicos. Optimización económica. Mejora de la fiabilidad y tiempos de respuestas.

Tabla 7.3: Factores en la G.C. observadas según sus dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

- Se ha aproximado a las principales barreras y facilitadores con que se encuentran el personal involucrado en la actividad de mantenimiento, y el modo en como actúan, su implicación, su forma natural de articular el conocimiento que necesitan para sus actividades cotidianas, así como la definición de la misión y características que deben tener las herramientas utilizadas para gestionar la información estratégica y el conocimiento de los dos grupos diferenciados, por un lado los operarios de mantenimiento y por otro los mandos y directivos de la organización.



CATEGORIA DEL FENÓMENO ESTUDIADO	TÉCNICOS OPERATIVOS DE MANTENIMIENTO	MANDOS O JEFES DE MANTENIMIENTO
HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Mapas de información y conocimiento. Sistemas ágiles y sencillos para capturar las experiencias	Auditorías de mantenimiento. Auditorías energéticas. Auditorías del conocimiento. Mapas de información y conocimiento. Diagramas de criticidad.
BARRERAS EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes. Barreras culturales. Cultura basada en el "saber propio", no compartido. Implicación del personal. Mayor uso de mecanismos informales de transferencia del conocimiento.	Poca disponibilidad de tiempo para documentar adecuadamente acciones importantes. Barreras culturales. Implicación del personal. Mayor uso de mecanismos informales de transferencia del conocimiento.
FACILITADORES EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	Cultura organizativa proactiva abierta y flexible. Estilo participativo de la dirección. Motivación personal del empleado. Oportunidad de aprender. Cultura organizativa del área de mantenimiento. Estilo directivo. Medios de Comunicación. Utilización de un gestor del conocimiento propio de la actividad de mantenimiento.	Cultura organizativa proactiva abierta y flexible. Estilo participativo de la dirección. Motivación personal del empleado. Oportunidad de aprender. Cultura organizativa del área de mantenimiento. Espacio físico. Estilo directivo. Medios de Comunicación. Utilización de un gestor del conocimiento propio de la actividad de mantenimiento.
OBSERVACIONES	Mucha información estratégica, recogida de manera manuscrita disgregada en notas y libretos propios, anotaciones en planos, no compartidas con el resto de la organización, que dificultan la transmisión y utilización del conocimiento al resto de la organización.	Todos consideran que una concienciación y conocimiento de la dirección general es fundamental para conseguir los medios y fomentar la mejora en la gestión del conocimiento y optimización del mantenimiento, con una visión a medio y largo plazo.
IMPLICACIÓN DE UNA ADECUADA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO.	-Captura del conocimiento tácito estratégico de los técnicos operativos de mantenimiento. -Resolución de averías críticas en menor tiempo (en especial las no cíclicas). -Reducción de los tiempos de maniobras operativas. -Facilitar el cambio de área o sustituciones de personal. -Disminución de los tiempos de acoplamiento de nuevo personal. -Captura de información y transferencia de empresas subcontratistas. -Compartir conocimiento de empleados que puede ser utilizado por otros que puedan detectar nuevas oportunidades de mejora. -Mejoras del conocimiento de la fiabilidad del equipo e instalaciones. -Mejoras del conocimiento para la detección y mejoras de acciones de eficiencia energética. -Optimización del tiempo, que reduce de nuevo en la gestión del conocimiento y la reducción de costes del mantenimiento.	

Tabla 7.4: Herramientas, barreras y facilitadores en la G.C. en la actividad de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

- Se ha extraído por medio de la revisión de la literatura, las principales características definidas de los principales tipos y estrategias organizativas de mantenimiento, extrayendo aquellas características hacia la mejora de la transferencia del conocimiento que están definidos en la filosofía de trabajo que llevan implícita (Tabla 7.5. y 7.6.).

	TIPOS DE TÉCNICAS MANTENIMIENTO	FACILITADORES PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	BARRERAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
TIPOS	❖ CORRECTIVO	-	- Actuación por impulsos. - Alta improvisación. - Falta concienciación. - Estrategias de la dirección. - Fuerte conocimiento tácito y dependencia del personal.
	❖ PREVENTIVO	- Existe una planificación, reflejada en planes. - Existe una conciencia en la dirección de la función del mantenimiento.	- Normalmente se refleja la realización, pero no el conocimiento del proceso completo, para utilizarse en auto-aprendizaje. - El conocimiento en los procesos se suele realizar basándose en la experiencia. - Las empresas tienden a la subcontratación, estando el conocimiento de las acciones fuera del ámbito de la empresa.
	❖ PREDICTIVO	- Existe una planificación, reflejada en planes. - Buen conocimiento de los sistemas. - Conocimiento de fallos típicos y su prevención. - Personal cualificado.	- Inversión de tiempo para conseguir la capacitación necesaria que redunde en la generación del conocimiento. - En pequeñas empresas, difícil de implementar o aplicación parcial normalmente subcontratada.

Tabla 7.5. Barreras y facilitadores para la aplicación de la GC en relación a los tipos mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



	ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO	FACILITADORES PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	BARRERAS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO
ESTRATEGIAS	• TPM	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia global. - Implicación de la dirección. - Involucra aprendizaje y mejora continua. - Alinea esfuerzos del personal de producción alrededor del mantenimiento - Trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normalmente se centra en el último escalón (mantenimiento autónomo). - Es un proceso a largo plazo, que debe dotarse de continuidad.
	• RCM	<ul style="list-style-type: none"> - Identificación de los componentes críticos. - Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional. - Fomenta el trabajo en grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario un equipo de trabajo multidisciplinario. - Las técnicas RCM pueden ser complejas para el personal operario en contextos de pequeñas empresas.
	• WCM	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia corporativa. - Conocimiento de las metas y objetivos fijados. - Mejoramiento continuo - Normalmente utilizadas en empresas multinacionales, con grandes recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de un alto compromiso mantenido a largo plazo por toda la organización. - requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento. - Es un proceso de largo plazo. - Debe haber un alto compromiso de los empleados y los proveedores. - Dependencia de subcontratación en mantenimiento. - Requiere buen clima organizacional y un excelente recurso humano motivado hacia el aprendizaje individual y colectivo. - Alta complejidad para pequeñas y medianas empresas.
	• PROACTIVO	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de la economía en los costos de maquinaria. - Busca fortalecer el entrenamiento y capacitación del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere que el personal tenga un alto nivel de conocimiento y familiarización con la máquina. - La rotación de personal. - Deben realizarse estrategias de motivación. - Sólo se actúa principalmente sobre la maquinaria involucrada en la producción, no sobre el resto de instalaciones con un conocimiento crítico más complejo
	• LEAN MAINTENANCE	<ul style="list-style-type: none"> - Estrategia hacia la eficiencia total en la producción. - Compromiso global de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere una planificación estricta, mantenida en el tiempo. - En la reducción de costes puede influir los tiempos necesarios para formación y gestión del conocimiento
	• TEROTECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> - Confiava el conocimiento de todo el ciclo de vida del equipamiento. - Estrategia global de la empresa en combinación con proveedores. - Conocimiento profundo de las propias actividades, procesos y el de los proveedores. - Análisis de la información para determinar la causa de los problemas 	<ul style="list-style-type: none"> - Los proveedores deben tomar las mismas estrategias y gestión de la información. - La captación y manejo de la información requiere de sistemas complejos integrados con lo de los proveedores. - Alta complejidad para pequeñas y medianas empresas.

Tabla 7.6. Barreras y facilitadores para la aplicación de la GC en relación a estrategias de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

- Se ha estudiado y relacionado la incidencia y la consecuencia del desarrollo del conocimiento en relación a los factores estratégicos esenciales del mantenimiento considerados (Figura 7.7.), desde la propia evolución del mantenimiento a través del tiempo hasta los aspectos esenciales en que se desenvuelve, como son el proceso de fallo, la incertidumbre, la disponibilidad y el factor humano, y que afectan de manera fundamental en toda la actividad de mantenimiento, y por consiguiente, en la propia empresa.

ASPECTO TRATADO	CONSECUENCIAS DESARROLLO CONOCIMIENTO
EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencia histórica desde conocimientos básicos (basados en la supervivencia) hasta factores multicriterio con alto componente de información y conocimiento. • Mayor concienciación de los órganos directivos de la empresa sobre la función y el fin del mantenimiento.
EL PROCESO DE FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • El mecanismo causa-efecto es el que se sitúa en la esencia del mantenimiento. • La captación de información útil sobre los factores de contingencia que actúan o pueden actuar sobre equipos y sistemas. • Se hace preciso configurar procesos de recogida, almacenamiento y tratamiento de la información eficientes. • Desarrollo de la importancia que tiene la forma de aparición o manifestación del fallo en el posible diagnóstico.
LA CADENA DE FALLO	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento del conjunto secuenciado de causas y efectos que se presentan en un proceso de fallo. • Información y estudio sobre los factores de contingencia o condicionantes explican la aparición de las causas últimas. • Es preciso considerar, aguas abajo, los efectos o consecuencias de la cadena del fallo (económicas, de seguridad, laborales, medioambientales o de sostenibilidad, catastróficas, de imagen, sociales, etc.).
LA INCERTIDUMBRE	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento sobre el adecuado comportamiento de un equipo o sistema durante su ciclo de vida. • Los modelos de fiabilidad representan simplificaciones importantes, pero necesarias, que derivan en elevados niveles de incertidumbre, en el ámbito de las variables y sus relaciones.
LA EXPERIMENTALIDAD Y EL MODELADO DE SISTEMAS	<ul style="list-style-type: none"> • La existencia de elevados niveles de incertidumbre en lo relativo al proceso y a la cadena del fallo, se puede inducir la necesidad de un enfoque complementario al exclusivamente científico y que es el experimental. • Modelos teóricos y experimentales se complementan para tratar de ofrecer conocimiento válido. • La experiencia derivada de la observación y del ensayo constituye un pilar básico del sistema de generación, transmisión, internalización y aplicación del conocimiento.
LA DISPONIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento para conseguir la disponibilidad efectiva de la planta. • Evaluar los requerimientos y capacidades técnicas de los equipos e instalaciones. • Puede mejorar sensiblemente el conocimiento del comportamiento del equipo en base a la experiencia sobre variados escenarios.
EL FACTOR HUMANO	<ul style="list-style-type: none"> • El conocimiento del error humano, y la incidencia diaria en todos los procesos, tiene gran impacto en la fiabilidad de sistemas complejos. • El estudio del comportamiento de las personas en su trabajo, y la motivación como uno de los motores del rendimiento laboral, y mejora de la fiabilidad y eficiencia.

Tabla 7.7. Incidencia y consecuencia del desarrollo del conocimiento en relación a los aspectos estratégicos esenciales del mantenimiento. Fuente: Elaboración propia



- Se han establecido los criterios para el desarrollo de investigaciones cualitativas, en un entorno donde son poco utilizadas como es en el ámbito de mantenimiento industrial, identificando las ventajas y los convenientes detectados en su utilización (Figura 7.8.). Dado que la característica principal de la investigación se desarrolla en el entorno humano, y como se desarrollan los procesos de relación y transmisión del conocimiento, las percepciones son en numerosas ocasiones de carácter subjetivo, siendo los métodos cualitativos los más apropiados para la identificación y percepción de los principios fundamentales.

TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	VENTAJAS EN SU UTILIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.	INCONVENIENTES EN SU UTILIZACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.	Observaciones
Técnicas cuantitativas (Medición de las variables físicas que afectan un fenómeno en el entorno del equipamiento e instalaciones)	Imprescindible para la medición de las variables fundamentales en una investigación en entorno técnico (Variables de temperatura, tensión, intensidad, potencia, tiempos, vibraciones, etc.)	Los propios del diseño de la investigación y la precisión de los equipos de medida.	Es complementaria a las técnicas cualitativas. Son necesarios equipos e instrumentos para su registro y cuantificación. Se detectan y estudian variables del entorno del equipamiento e instalaciones, no el factor humano en su aplicación.
Panel Delphi (Cualitativa)	Recopilación de opiniones de expertos. Facilita la participación, da tiempo para reflexionar, es anónima y evita presiones intragrupal.	Excesiva duración del proceso, posibles abandonos, selección sesgada de participantes	Es muy útil, sin embargo, cuando los recursos son escasos, los temas son complejos y se quiere contar con la opinión de expertos en un área concreta.
Encuestas/Test (Cuantitativa)	Los datos obtenidos gracias a este procedimiento permiten un tratamiento riguroso de la información y el cálculo de significación estadística.	La muestra ha de ser representativa de la población de interés. La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas.	Serve para acudir a poblaciones más amplias y ser más económica que las entrevistas.
Entrevista individual semi-estructurada (Cualitativa)	Marca un flujo de información que la va detando de contenidos. Permite profundizar en alguna idea que pueda ser relevante, realizando nuevas preguntas. Son los mismos actores sociales quienes proporcionan los datos relativos a sus conductas. Permite la interacción del investigador	El entrevistado no dará la imagen que tiene de las cosas, lo que cree que son, a través de toda su carga subjetiva.	Útil cuando lo que realmente nos interesa recoger es la visión subjetiva de los actores sociales, máxime cuando se desea explorar los diversos puntos de vista "representantes" de las diferentes posturas que pudieran existir en torno a lo investigado
Cuestionario (Cuantitativa/Cualitativa)	Permite recoger información más abierta, a juicio del cuestionado, sobre el tema tratado. Más económico que las entrevistas individuales. Permite extenderlo a una muestra más amplia.	La información que se obtiene está condicionada por la formulación de las preguntas y la veracidad de las propias respuestas. El tratamiento de la información es más complejo que en los tests.	
Grupos de discusión (Cualitativa)	Expone a un grupo de personas, que son una muestra estructural con características propias que en este momento constituye la dimensión grupal. Lo que conseguimos con relaciones simétricas entre los participantes es que se acogen las hablas y se favorece la reproducción social del discurso. Se pueden pedir opiniones, hacer preguntas, aplicar cuestionarios, discutir casos, intercambiar puntos de vista y valorar aspectos varios.	Resulta costosa por la logística que involucra. Se necesita personal altamente capacitado en el tema a tratar	La selección del número de grupos responde a criterios estructurales y no estadísticos.
Técnica Observación (Cualitativa)	Ayuda a realizar el planteamiento adecuado de la problemática a estudiar. Permite hacer una formulación global de la investigación. El investigador se introduce en el contexto y el ambiente del fenómeno a tratar, dando una visión más clara y precisa.	Se debe tener autorización total del investigador en el área que se estudia de la empresa, difícil de conseguir a veces.	En el mantenimiento industrial, ayuda a introducirse dentro del contorno del fenómeno y los movimientos operativos que se producen
Estudio de casos (Cualitativa)	Se mide y registra la conducta de las personas u organizaciones de la empresa en el fenómeno estudiado. persigue la ilustración, representación, expansión o generalización de un marco teórico	Tendencia a la generalización de las conclusiones.	Utilizado por numerosos investigadores como un método de diseño pre-experimental.
Teoría fundamentada (Cualitativa)	Genera teoría a partir de datos recogidos en contextos naturales. Sus hallazgos son formulaciones teóricas de la realidad. El resultado de un estudio de teoría fundamentada se presenta como un proceso, o algunos de sus elementos como las estrategias.	No existe una muestra fija. Se finaliza al llegar a la saturación teórica, no estando definido al comienzo de la investigación.	Útil para el desarrollo de nuevas teorías o procedimientos. Existen diversos programas informáticos para el tratamiento de la información cualitativa.

Tabla 7.8: Resumen de ventajas y limitaciones observadas en los ensayos experimentales, en la población de mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.



- Se ha cuantificado el componente de conocimiento tácito dentro de las actividades de mantenimiento que formaliza islas de conocimiento dentro de la organización (Tabla 7.9.). Así mismo en dicho estudio cualitativo, se han definido las actividades en las que está presente y su repercusión sobre la empresa, basado en juicio de expertos. El conocimiento basado en la experiencia (tácito) es difícil de extraer y formalizarse, pues es un conocimiento fragmentado, complejo, presenta pocas regularidades, confuso, recolectado de imprevistos, guiado por la urgencia, con imposiciones de tiempo, espacio, actividad poco regulable, y escasamente “protocolizable” y local (aplicable a espacios y situaciones concretas).

ACTIVIDAD ESTRATEGICA MANTENIMIENTO	COMPONENTE CONOCIMIENTO. TÁCITO	REPERCUSIÓN EN EMPRESA
Acoplamiento personal	Muy elevado	Pérdida económica. Pérdida eficiencia
Operación/ explotación	Muy elevado	Repercusión en la producción o servicio
Fiabilidad	Muy elevado	Tiempos mayores de reposición. Valor económico por perdida producción
Mantenibilidad	Muy elevado	Pérdida eficiencia
Eficiencia energética	Elevado	Pérdida eficiencia Repercusión económica
Nivel información	Elevado	Pérdida capital intelectual Valor sustitución personal
Repercusión económica	Puede tener una repercusión muy elevada	Puede afectar de una manera elevada ante acciones críticas o de emergencia
Relación con la gerencia	Se asumen los componentes tácitos en los trabajos de mantenimiento	Pérdida de capital intelectual. Pérdida de recursos operativos Visión sesgada del valor estratégico.

Tabla 7.9: Implicaciones del conocimiento tácito en el mantenimiento industrial.

- Se han identificado en base a estudios cualitativos a diferentes tipos de actividades industriales y de servicios terciarios (figura 7.10.), las características demandadas a los diferentes servicios de mantenimiento de las empresas implicadas, marcando las características de las acciones demandadas y los procesos de gestión de la información y el conocimiento que se desenvuelven en dichas actividades.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE

CASOS EMPRESAS	ACCIONES FUNDAMENTALES DEMANDADAS A MANTENIMIENTO	GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN / CONOCIMIENTO	COMENTARIOS DE LA OBSERVACIÓN DIRECTA DEL ESTUDIO DE CASOS
TIPO "PRODUCCIÓN INDUSTRIAL" (Nº 1, 2, 3, 4)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la fiabilidad y prevención de paradas de producción. Actuación en un elevado número de instalaciones técnicas críticas, orientadas hacia la producción. Restricción del gasto y contención económica. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe mayor documentación en las acciones de mantenibilidad. En numerosas ocasiones exceso de documentación, que hace poca efectiva la consulta y adquisición del conocimiento. El trasvase de conocimiento en mantenimiento se realiza fundamentalmente por reuniones informales y la experiencia en el tiempo en la factoría. Existe un gran periodo de acoplamiento para conseguir la operatividad y el conocimiento necesario de los operarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Elevado seguimiento de los departamentos de producción sobre mantenimiento. Ante acciones críticas se observa el efecto "zafarrancho de combate", que denotan la inseguridad y falta de procedimiento en dichas actuaciones. Se observan islas de conocimiento entre las diferentes áreas de mantenimiento. La reposición del personal suele ser costosa en encontrar candidatos adecuados.
TIPO "SERVICIOS DISTRIBUCIÓN AGUA O ENERGÍA" (Nº 5, 6)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la operación y maniobras de instalaciones, y la resolución de averías. Actuación con gran dispersión de las instalaciones a nivel territorial, que hace necesario un tiempo de acoplamiento elevado de los operarios. Los tiempos en reposición del servicio afectan directamente a los resultados económicos de la compañía. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento en base a la experiencia en las actuaciones. Los operarios de nuevo ingreso, adquieren el conocimiento necesario, acompañando y observando a operarios veteranos. Adquisición de conocimiento en base a reuniones informales y conversaciones telefónicas. Existe un gran periodo de acoplamiento para conseguir la operatividad y el conocimiento necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajos muy basados en la experiencia y conocimiento tácito de los operarios de mayor antigüedad. Documentación de trabajo poco elaborada, utilizando la propia "libreta práctica" de trabajo los operarios. Se observan islas de conocimiento entre las diferentes áreas de trabajo. Los empleados de un área territorial, encuentran dificultades en adaptarse a otras áreas territoriales.
TIPO "SERVICIOS TERCARIOS" (HOTELES, CENTROS COMERCIALES) (Nº 7, 9, 10)	<ul style="list-style-type: none"> Enfocado hacia la calidad del servicio prestado. Actuación en un elevado número de instalaciones técnicas críticas orientadas hacia el servicio a los clientes. Se tiende a la subcontratación de los servicios de mantenimiento. Orientado hacia el mantenimiento legal. 	<ul style="list-style-type: none"> Conocimiento estratégico en manos de empresas externas (subcontratista). En numerosas ocasiones documentación perdida o desestructurada, debido normalmente al poco seguimiento de la gerencia. El trasvase de conocimiento en mantenimiento se realiza de forma brusca cuando existe un cambio en la empresa subcontratista, produciéndose en esos periodos pérdida de operatividad y eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Gran dependencia de la compañía sobre la empresa subcontratista. Ante acciones críticas se observa el efecto "zafarrancho de combate", que denotan la inseguridad y falta de procedimiento en dichas actuaciones. Las gerencias observan a mantenimiento como una fuente de gastos.
TIPO "APOYO SUBCONTRATADO" A LOS SERVICIOS MANTENIMIENTO. (Nº 8)	<ul style="list-style-type: none"> Actuación sobre los servicios demandados por la compañía que requiere su experiencia. Actuación sobre trabajos no críticos en áreas de producción. En empresas de servicios terciarios, se puede requerir todos los trabajos de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Se encuentran con grandes lagunas de información cuando se hacen cargo de instalaciones, ante un cambio de empresa subcontratista. El conocimiento en las áreas de trabajo requieren un tiempo de acoplamiento importante. No se documentan normalmente las acciones críticas y los procesos de trabajo basados en la experiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Se busca la rentabilidad de la empresa de servicios subcontratado, frente muchas veces, a los propios criterios de la empresa que los requiere. Existe un gran movimiento del personal. Suele faltar cualificación en el personal de conducción de las instalaciones, posiblemente debido a salarios contenidos.
OBSERVACIONES	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene mayor reconocimiento de mantenimiento por parte de las gerencias en las empresas de producción industrial, con lo cual se tiende en mayor medida al personal propio, dado que afecta directamente a su estrategia y eficiencia en la producción. En las empresas de servicios terciarios, se tiende a la subcontratación total de los servicios de mantenimiento. Se tiene una gran dependencia de la empresa subcontratista de mantenimiento. Ante cambios de la empresa existe un periodo de ineficiencia hasta el acoplamiento de la nueva empresa subcontratista. El conocimiento estratégico de la empresa está en manos de empresas ajenas. 		

Tabla 7.10. Características observadas en el estudio de casos en referencia al mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

- Se han identificado en base a la investigación cualitativa las características de los aspectos estratégicos del mantenimiento (Figura 7.1), los procesos de conocimiento que afectan a aspectos esenciales que se han definido hacia las acciones de fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética, acciones operativas de explotación, así como el conocimiento que afecta en el tiempo de acoplamiento de nuevos operarios. Todos estos aspectos afectan sobre todos los procesos esenciales de la empresa, marcando su grado de productividad y eficiencia final.

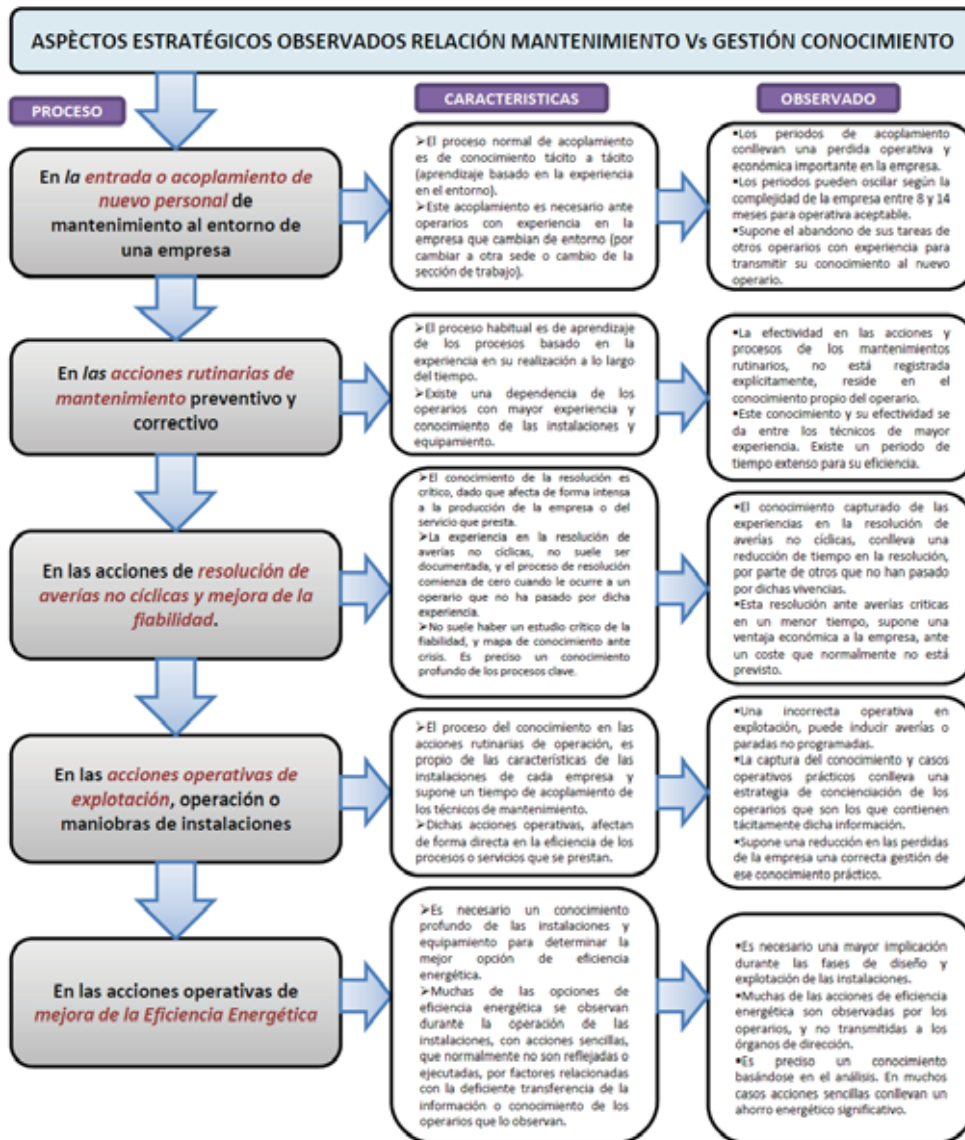


Figura 7.1. Aspectos estratégicos del mantenimiento y su relación con la gestión del conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

- Se ha definido y planteado un modelo de mantenimiento basado en técnicas de gestión del conocimiento, asentado sobre tres fases fundamentales (Figura 7.2.): la primera fase consistente en la identificación y valoración de lo intangible, posteriormente realizar la transformación de lo intangible en visible con la extratificación y valoración de la información explícita fundamental, así como la captura del conocimiento tácito estratégico de la organización de mantenimiento. En una tercera fase se fomenta mediante la utilización de una herramienta informática que hace las misiones de contenedor del conocimiento, la generación, producción y



utilización del conocimiento. Dicha plataforma tal y como se ha identificado en los estudios cualitativos, debe ser sencilla, la información debe ser resumida y útil, y debe servir como columna vertebral donde de manera bidireccional los operarios puedan captar diferentes experiencias de otros compañeros y aportar sus propias vivencias, que se puedan considerar como estratégicas para la organización. Dicha plataforma es utilizada como soporte para el auto-aprendizaje, disminuyendo los tiempos de acoplamiento de nuevo personal, así como mejorar el conocimiento de los operarios ante acciones ante averías o de mantenimiento no realizadas por ellos, que permite reducir los tiempos de actuación o de realización de dichas actividades.

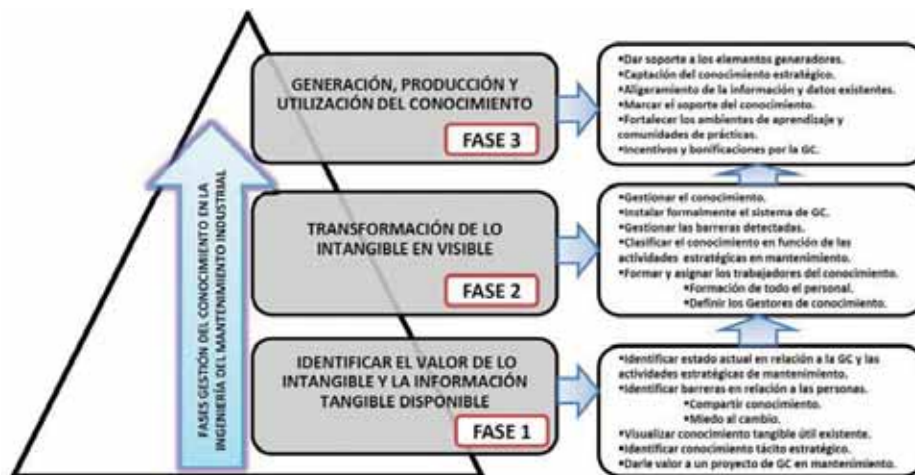


Figura 7.2. Fases de la evolución de la gestión del conocimiento en mantenimiento industrial. Fuente: Elaboración propia.

- Se ha realizado un modelo para cuantificar, ponderar y visualizar el conocimiento estratégico de la organización, denominado árbol de conocimiento de mantenimiento (ACM), centrado en base a los elementos y sistemas de la empresa y desarrollado en relación a sus acciones estratégicas fundamentales (fiabilidad, mantenibilidad, eficiencia energética y operación/explotación) (Figura 7.3.). El algoritmo desarrollado, puede ser utilizado en la plataforma informática y contenedor de conocimiento de mantenimiento, para la visualización del conocimiento estratégico introducido en base a los diferentes elementos de la factoría. Esto proporciona a los operarios y técnicos de mantenimiento una visión rápida del conocimiento que se debe extraer e introducir, así como ver las partes donde deben incidir. Ayuda a ponderar la importancia y el peso estratégico de cada tipo de instalación, y modera a todo el equipo de mantenimiento en referencia a una meta común, que anteriormente era imposible observar. Durante la investigación, para determinar los estilos de aprendizaje entre los operarios de mantenimiento, en base a cuestionarios CHAEA (Cuestionario Honey-Alonso de Estilos de Aprendizaje) (Alonso et al., 1994), se ha determinado que el estilo predominante fue el activo-pragmático. El punto fuerte de las personas con predominancia de estilo pragmático es la aplicación práctica de las ideas, que marca un enfoque de

aprendizaje profundo, basado en la motivación intrínseca, y en atención a este factor deben desarrollarse los modelos de gestión de conocimiento que hagan atractivo el sistema a los operarios.

Aunque la mayoría de las organizaciones de mantenimiento disponen de programas informáticos para la gestión del mantenimiento, se ha apreciado en la presente investigación que los datos históricos no suelen almacenarse seleccionados o filtrados, mucho menos orientados a las metas o en bases relacionales, la información que contienen está fragmentada y suele ser poco fiable, por lo que su utilidad efectiva suele ser escasa y difícil su transmisión. Esto fundamenta el uso del denominado gestor del conocimiento de mantenimiento, cuya misión es estructurar, validar y fomentar la compartición del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento.

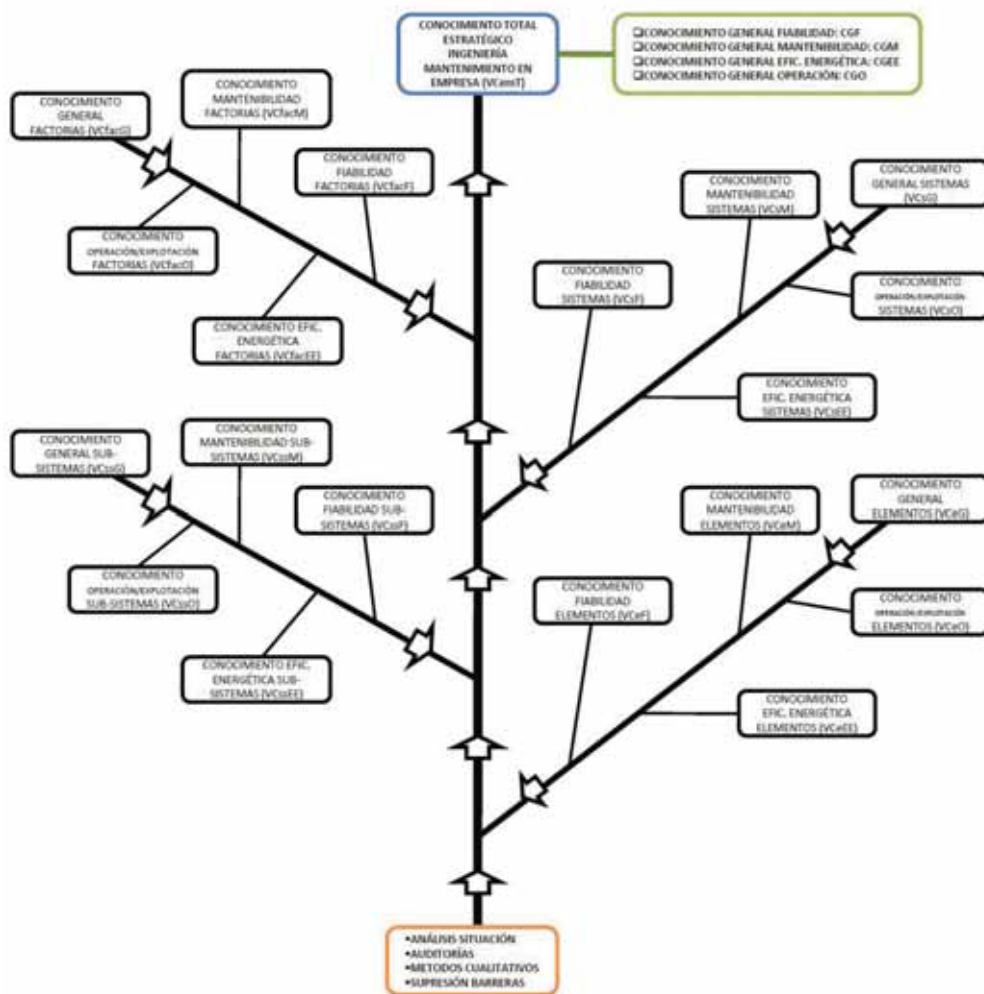


Figura 7.3: Árbol del conocimiento de la empresa en función de las acciones estratégicas. Fuente: Elaboración propia.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE

- En base a la aplicación del modelo desarrollado y aplicado de una manera experimental en una planta industrial que se ha utilizado en la investigación de campo durante un periodo de tres años, se han podido cuantificar los procesos fundamentales que realizan los departamentos de mantenimiento, y los beneficios obtenidos en la organización. Mediante una serie de eventos kaizen (Tabla 7.11), utilizados como base para la mejora de los métodos, formación y cuantificación de los resultados, se han podido extraer conclusiones importantes, entre las cuales, se pueden destacar algunas de ellas:
 - ✓ Mejora en la eficiencia ante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Los procesos de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo se ven mejorados, aumentándose su eficiencia en su ejecución y acusándose una reducción en su tiempo del 26%.
 - ✓ En las pruebas realizadas sobre respuesta a la resolución de una acción crítica no cíclica o reposición de emergencia (reposición de interruptores de alta tensión), se observa una reducción de tiempo en su resolución del 52%.
 - ✓ Reducción de las tasas de fallos en las líneas de producción. De los datos obtenidos se observa una mejora económica repercutida de aproximadamente 1.200.000 € en un periodo de 2 años.
 - ✓ Aumento de la eficiencia energética, mediante acciones puntuales. Ahorros anuales por la adopción e identificación de medidas de eficiencia energética del entorno de 113.000 € y reducción de emisiones de aproximadamente 499 TnCO₂. En la empresa utilizada como base experimental de esta investigación, se visualiza el consumo y economía energética en un monitor accesible a todo el personal. Los ahorros conseguidos son repercutidos en un porcentaje de beneficios a los empleados, constatándose el aumento de la implicación de los empleados y su concienciación en el uso eficiente de la energía. En un tipo de industria como la alimentaria donde la energía es intensiva, (Alcaraz et al., 2012), es vital establecer estas metas.
 - ✓ Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal de mantenimiento. Disminución en el tiempo de acoplamiento del nuevo personal, que supone una mejora económica en la organización por eliminar tiempos no productivos de dicho personal de nueva entrada en la empresa (reducción de un 36% del tiempo). Teniendo en cuenta que en las organizaciones de mantenimiento, la rotación personal está entre el 5 al 10 % anual (en la empresa analizada está en una media del 6%), ello supone una mejora económica por ser operativo plenamente dicho personal, en un menor tiempo.

RESUMEN RESULTADOS DE LOS EVENTOS KAIZEN				
Nº	EVENTO	RESULTADOS CUANTITATIVOS	RESULTADOS CUALITATIVOS	OBSERVACIONES
1	Implicación de los operarios de mantenimiento en un modelo de gestión del conocimiento en función de las actividades estratégicas.	Aumenta de una manera significativa la captación de conocimiento estratégico por parte de los operarios de mantenimiento en el contenedor de conocimiento.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar. Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo. Aumento del conocimiento compartido. Mayor proactividad de los empleados. Se persigue eliminar islas de conocimiento y la cohesión del equipo.	Se observa continuidad en los proyectos de gestión del conocimiento, por la implicación del personal.
2	Mejora en la eficiencia ante acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.	Los procesos de acciones de mantenimiento preventivo y correctivo se ven mejorados, aumentando su eficiencia en su ejecución y acortándose una reducción en su tiempo del 20%.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar. Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo. Aumento del conocimiento compartido. Mayor proactividad de los empleados.	Si tenemos en cuenta que existen miles de acciones de mantenimiento, y que el tiempo total aproximado dedicado por la organización de mantenimiento a las acciones de preventivo/correctivo es del 50% del tiempo total de todos sus miembros, se puede estimar la importancia económica y de aumento de rendimiento que significa a la organización.
3	Análisis de fallos críticos instalaciones refrigeración industrial. Análisis de fallos instalaciones eléctrica alta tensión.	En las pruebas realizadas sobre respuesta a la resolución de una acción crítica no cíclica o reposición de emergencia (reposición de interruptores de alta tensión), se observa una reducción de tiempo en su resolución del 52%.	Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar. Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo. Aumento de compartición del conocimiento. Mayor proactividad de los empleados. Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad.	La reducción en el tiempo de resolución de la avería significa un importante impacto económico en la empresa, ante estos tipos de averías no cíclicas que suponen un importante coste económico no previsto.
4	Reducción de las tasas de fallos en las líneas de producción. Maniobras en interruptores de alta tensión ante un disparo.	De los datos obtenidos se observa una mejora económica repercutida de aproximadamente 1 700 000 € en un periodo de 7 años.	Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad de la instalación a tratar, así mismo se identifican las acciones críticas que se pueden eliminar.	Se aumenta de una manera significativa el grado de marcha de las líneas de producción de la empresa.
5	Aumento de la eficiencia energética, mediante acciones puntuales.	Ahorros anuales por la adopción e identificación de medidas de eficiencia energética del entorno de 113 000 €. Reducción de emisiones de aproximadamente 499 TnCO ₂ .	Aumento de la mejora en eficiencia energética de la empresa, a partir de la utilización de un modelo de gestión del conocimiento.	Mejora de la conciencia medioambiental de la empresa.
6	Reducción de tiempos de acoplamiento de nuevo personal de mantenimiento.	Disminución en el tiempo de acoplamiento del nuevo personal, que supone una mejora económica en la organización por eliminar tiempos no productivos de dicho personal de nueva entrada en la empresa (reducción de un 30% del tiempo).	Utilización de plataformas tecnológicas para la gestión del conocimiento, como medio de auto-aprendizaje del nuevo personal. Objetivo reducir elevados tiempos de acoplamiento del nuevo personal. Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar. Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo. Aumento del conocimiento compartido.	Tomando en cuenta que en las organizaciones de mantenimiento, la rotación personal está entre el 2 al 10 % anual (en la empresa analizada está en una media del 6%), ello supone una mejora económica por ser operativo plenamente dicho personal, en un menor tiempo.

Tabla 7.11. Resumen de resultados observados. Fuente: Elaboración propia.

7.3 Resultados secundarios

En la presente investigación se han identificado otros resultados, que aunque de difícil cuantificación, sin embargo son de vital importancia en el contexto de la empresa, y que sin duda suponen un valor intangible importante. Alguno de estos resultados secundarios extraídos de la presente investigación se podrían resumir entre los siguientes:

- ✓ Un aumento de la implicación de los operarios de mantenimiento en un modelo de gestión del conocimiento en función de las actividades estratégicas.
- ✓ En base a lo anterior, aumenta de una manera significativa la captación de conocimiento estratégico por parte de los operarios de mantenimiento en el contenedor de conocimiento.
- ✓ Aumento del conocimiento compartido. Se persigue eliminar islas de conocimiento y aumentar la cohesión del equipo.



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE

- ✓ Se observa continuidad en los proyectos de gestión del conocimiento, por la implicación del personal.
- ✓ Mayor sentido de seguridad personal en las decisiones a realizar; Aumento del sentido de trabajo en grupo y cohesión del equipo; Aumento del conocimiento compartido; Mayor proactividad de los empleados. Si tenemos en cuenta que existen miles de acciones de mantenimiento, y que el tiempo total aproximado dedicado por la organización de mantenimiento a las acciones de preventivo/correctivo es del 50% del tiempo total de todos sus miembros, se puede estimar la importancia económica y de aumento de rendimiento que significa a la organización.
- ✓ Mayor proactividad de los empleados; Aumenta el número de acciones críticas identificadas que suponen un avance importante en la mejora de la fiabilidad.
- ✓ La reducción en el tiempo de resolución de la avería significa un importante impacto económico en la empresa, ante estos tipos de averías no cíclicas que suponen un importante coste económico no previsto.
- ✓ Se aumenta de una manera significativa el grado de marcha de las líneas de producción de la empresa.
- ✓ Se aumenta la fluidez y la agilidad en la búsqueda obligada de conocimiento para la toma de decisiones.
- ✓ Mejora de la conciencia medioambiental de la empresa.
- ✓ Información y conocimiento estratégico en posesión de la empresa. Esto posibilita tener menor dependencia de los operarios con conocimiento muy específicos, reduciendo la incertidumbre ante nuevos acoplamiento de personal, enfermedades y bajas de empleados, jubilaciones, vacaciones, etc.
- ✓ El mayor conocimiento de la criticidad de las instalaciones, implica un menor coste en acciones de emergencia o ante fallos críticos que implica en numerosas ocasiones un coste no previsto por las organizaciones.
- ✓ La consecución de la optimización en el proceso de reciclaje del personal para el ahorro en la formación y puesta en operatividad del mismo, basándose en el conocimiento estratégico, del saber-hacer derivado de la experiencia y la implantación de criterios de decisión.

7.4. Trabajos futuros

Como en cualquier proyecto de investigación, siempre hay camino por andar y continuar desarrollando el trabajo iniciado, y en este campo todavía queda mucho trabajo por realizar. Durante el desarrollo de esta tesis han surgido algunas líneas futuras que se han dejado abiertas y que se esperan atacar en un futuro próximo.

A continuación se presentan algunos trabajos futuros que pueden desarrollarse como resultado de esta investigación o que, por exceder el alcance de esta tesis, no han podido ser tratados con la suficiente profundidad. Además se sugieren algunos desarrollos específicos.



- ♦ Extender las bases sentadas, al resto de módulos de un sistema de gestión del mantenimiento asistido por ordenador y de un sistema de programación de recursos.
- ♦ El objetivo del desarrollo de una aplicación informática básica ha sido el de poder contrastar la validez del modelo y sistema propuestos, objeto de la tesis. En función de los buenos resultados obtenidos, se comprueba el interés por conformar una aplicación informática del sistema que incorpore utilidades nuevas e incorpore las últimas tecnologías de tratamiento de la información y desarrollo de software.
- ♦ Parece interesante el uso de un lenguaje de programación de más alto nivel, pero a la vez extendido, sencillez en su utilización y amigable, y el uso de tecnologías basadas en internet, que serían de aplicación en empresas con numerosas sedes y recursos distribuidos en numerosos puntos de trabajo en extensiones nacionales e internacionales. Potenciar la aplicación informática con desarrollos basados en ontologías.
- ♦ El uso de tecnologías basadas en lo que se ha denominado “realidad aumentada”, supondría un avance importante en la transmisión del conocimiento dentro de la organización de mantenimiento, y su aplicación sería especialmente relevante en el mantenimiento de grandes instalaciones técnicas críticas, como pueden ser las centrales nucleares de producción de energía y plantas petro-químicas
- ♦ Mejorar el módulo de autoaprendizaje, con sistemas interactivos.
- ♦ Mejorar los criterios de medición estratégicos y de gestión de conocimiento. De esta forma, se mejorará la manera de determinar la secuencia de análisis de los procesos clave. Esto nos permitiría disponer de herramientas que nos aseguren auditar primero los procesos clave más importantes y que potencialmente contengan más conocimiento susceptible a ser gestionado.
- ♦ Mejorar los procesos de diagnóstico y análisis de flujos de conocimiento como apoyo a los procesos de auditorías de conocimiento. Adicionalmente, se puede diseñar y desarrollar alguna herramienta o prototipo que facilite el diagnóstico y análisis de los flujos de conocimiento en las organizaciones y dé soporte al diseño de estrategias que mejoren los flujos de conocimiento en los procesos clave de la organización.
- ♦ Proponer esquemas de representación para los flujos de conocimiento y las barreras que impiden su aplicación eficiente. Estos esquemas de representación permitirían el desarrollo de aplicaciones informáticas que simulen, de manera gráfica, cómo fluye el conocimiento, posibles obstáculos o barreras, y como se manifiesta el flujo entre los procesos de la gestión de conocimiento. Esto puede servir como herramienta de apoyo para detectar problemas/oportunidades de mejora de los flujos de conocimiento en la organización de mantenimiento.

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII:
CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS
ANEXOS
INDICE

- ♦ Validar el modelo y metodología propuesto en otros sectores de la actividad de mantenimiento, como pueden ser en el ámbito de grandes edificios para uso terciario (hospitales, hoteles, centros comerciales, etc.), en sectores de empresas de distribución de electricidad, agua, gas, etc., en el ámbito del mantenimiento de las infraestructuras de ayuntamientos, así como validar el modelo en otros países o zonas territoriales.

7.5 Referencias del capítulo

AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento; "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.

Alcázar, M; Álvarez, C.; Escrivá, G.; Domijan, A. (2012). Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. *Applied Energy* 92 (2012). pp 84–91.

Alonso, C.M., Gallego, D.J. y Honey, P. (1994). Los estilos de aprendizaje. Procedimientos de diagnóstico y mejora. Ed. Mensajero. Bilbao.

Alsyouf, I. (2007), "The role of maintenance in improving company productivity and profitability", *International Journal of Production Economics*, Vol. 105, pp. 70-8.

Al-Turki, U. (2011). A framework for strategic planning in maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 17 No. 2, 2011, pp. 150-162.

Cárcel, J. (2010). Aspectos estratégicos del mantenimiento industrial relativos a la eficiencia energética, Artículo 1er Congreso de dirección de operaciones en la empresa, 25 y 26 de Junio, Madrid 2010.

Khalil, J., Sameh, M.S. and Nabil, G. (2009), "An integrated cost optimization maintenance model for industrial equipment", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 15 No. 1, pp. 106-18.

Liyange, J.P. and Kumar, U. (2003), "Towards a value-based view on operations and maintenance performance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 4, pp. 333-50.

Murthy, D.N.P., Atrens, A. and Eccleston, J.A. (2002), "Strategic maintenance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 4, pp. 287-305.

Tsang, A.H.C. (2002), "Strategic dimensions of maintenance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8 No. 1, pp. 7-39.



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

ANEXOS



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS
DOCTORAL

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Anexo I: Cuestionario para modelo de aprendizaje



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS
DOCTORAL

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



**CUESTIONARIO HONEY-ALONSO DE ESTILOS DE APRENDIZAJE; CHAEA
C.M.ALONSO,D.J.GALLEGO Y P.HONEY**

Instrucciones para responder al cuestionario

- ✓ Este cuestionario ha sido diseñado para identificar su Estilo preferido de Aprendizaje. No es un test de inteligencia, ni de responsabilidad.
- ✓ No hay límite de tiempo para contestar al Cuestionario. No le ocupa más de 15 minutos.
- ✓ No hay respuestas correctas o erróneas. Será útil en la medida que sea sincero/a en sus respuestas.
- ✓ Si está más de acuerdo con que en desacuerdo con el ítem ponga un signo más (+), si por el contrario, estás en desacuerdo que de acuerdo, ponga un signo menos (-).
- ✓ Por favor, conteste a todos los ítems.
- ✓ Muchas Gracias.

EMPRESA / INSTITUCIÓN:

NIVEL DE ESTUDIOS / FORMACIÓN:

NOMBRE:

Nº CUESTIONARIO:

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

CUESTIONARIO HONEY-ALONSO DE ESTILOS DE APRENDIZAJE; CHAEA C.M.ALONSO,D.J.GALLEGO Y P.HONEY

- 1.- Tengo fama de decir lo que pienso claramente y sin rodeos.
- 2.- Estoy seguro de lo que es bueno y lo que es malo, lo que está bien y lo que está mal.
- 3.- Muchas veces actúo sin mirar las consecuencias.
- 4.- Normalmente trato de resolver los problemas metódicamente y paso a paso.
- 5.- Creo que los formalismos coartan y limitan la actuación libre de las personas.
- 6.- Me interesa saber cuáles son los sistemas de valores de los demás y con qué criterios actúan.
- 7.- Pienso que el actuar intuitivamente puede ser siempre tan válido como actuar reflexivamente.
- 8.- Creo que lo más importante es que las cosas funcionen.
- 9.- Procuro estar al tanto de lo que ocurre aquí y ahora.
- 10.- Disfruto cuando tengo tiempo para preparar mi trabajo y realizarlo a conciencia.
- 11.- Estoy a gusto siguiendo un orden, en las comidas, en el estudio, haciendo ejercicio regularmente.
- 12.- Cuando escucho una nueva idea enseguida comienzo a pensar cómo ponerla en práctica.
- 13.- Prefiero las ideas originales y novedosas aunque no sean prácticas.
- 14.- Admito y me ajusto a las normas solo si me sirven para lograr mis objetivos.
- 15.- Normalmente encajo bien con personas reflexivas, y me cuesta sintonizar con personas demasiado espontáneas, imprevisibles.
- 16.- Escucho con más frecuencia que hablo.
- 17.- Prefiero las cosas estructuradas a las desordenadas.
- 18.- Cuando poseo cualquier información, trato de interpretarla bien antes de manifestar alguna conclusión.
- 19.- Antes de hacer algo estudio con cuidado sus ventajas e inconvenientes.
- 20.- Crezco con el reto de hacer algo nuevo y diferente.
- 21.- Casi siempre procuro ser coherente con mis criterios y sistemas de valores. Tengo principios y los sigo.
- 22.- Cuando hay una discusión no me gusta ir con rodeos.
- 23.- Me disgusta implicarme afectivamente en mi ambiente de trabajo. Prefiero mantener relaciones distantes.
- 24.- Me gustan más las personas realistas y concretas que las teóricas.
- 25.- Me gusta ser creativo, romper estructuras.
- 26.- Me siento a gusto con personas espontáneas y divertidas.
- 27.-La mayoría de las veces expreso abiertamente cómo me siento.
- 28.- Me gusta analizar y dar vueltas a las cosas.
- 29.- Me molesta que la gente no se tome en serio las cosas.
- 30.-Me atrae experimentar y practicar las últimas técnicas y novedades.
- 31.-Soy cauteloso a la hora de sacar conclusiones.
- 32.-Prefiero contar con el mayor número de fuentes de información. Cuantos más datos reúna para reflexionar, mejor.
- 33.-Tiendo a ser perfeccionista.
- 34.-Prefiero oír las opiniones de los demás antes de exponer la mía.
- 35.-Me gusta afrontar la vida espontáneamente y no tener que planificar todo previamente.
- 36.-En las discusiones me gusta observar cómo actúan los demás participantes.
- 37.-Me siento incómodo con las personas calladas y demasiado analíticas.
- 38.-Juzgo con frecuencia las ideas de los demás por su valor práctico.
- 39.-Me agobia si me obligan a acelerar mucho el trabajo para cumplir un plazo.



- 40.-En las reuniones apoyo las ideas prácticas y realistas.
- 41.-Es mejor gozar del momento presente que deleitarse pensando en el pasado o en el futuro.
- 42.-Me molestan las personas que siempre desean apresurar las cosas.
- 43.-Aporto ideas nuevas y espontáneas en los grupos de discusión.

- 44.-Pienso que son más conscientes las decisiones fundamentadas en un minucioso análisis que las basadas en la intuición.
- 45.-Detecto frecuentemente la inconsistencia y puntos débiles en las argumentaciones de los demás.
- 46.-Creo que es preciso saltarse las normas muchas más veces que cumplirlas.
- 47.-A menudo caigo en cuenta de otras formas mejores y más prácticas de hacer las cosas.
- 48.-En conjunto hablo más que escucho.
- 49.-Prefiero distanciarme de los hechos y observarlos desde otras perspectivas.
- 50.-Estoy convencido que deber imponerse la lógica y el razonamiento.
- 51.-Me gusta buscar nuevas experiencias.
- 52.-Me gusta experimentar y aplicar las cosas.
- 53.-Pienso que debemos llegar pronto al grano, al meollo de los temas.
- 54.-Siempre trato de conseguir conclusiones e ideas claras.
- 55.-Prefiero discutir cuestiones concretas y no perder el tiempo con charlas vacías.
- 56.-Me impaciento cuando me dan explicaciones irrelevantes e incoherentes.
- 57.-Compruebo antes si las cosas funcionan realmente.
- 58.-Hago varios borradores antes de la redacción definitiva de un trabajo.
- 59.-Soy consciente de que en las discusiones ayudo a mantener a los demás centrados en el tema, evitando divagaciones.
- 60.-Observo que, con frecuencia, soy unode los más objetivos y desapasionados en las discusiones.
- 61.- Cuando algo va mal le quito importancia y trato de hacerlo mejor.
- 62.- Rechazo ideas originales y espontáneas si no las veo prácticas.
- 63.- Me gusta sopesar diversas alternativas antes de tomar una decisión.
- 64.- Con frecuencia miro hacia delante para prever el futuro.
- 65.- En los debates y discusiones prefiero desempeñar un papel secundario antes que ser el/la líder o el/la que más participa.
- 66.- Me molestan las personas que no actúan con lógica.
- 67.- Me resulta incomodo tener que planificar y prever las cosas.
- 68.- Creo que el fin justifica los medios en muchos casos.
- 69.- Suelo reflexionar sobre los asuntos y problemas.
- 70.- El trabajar a conciencia me llena de satisfacción y orgullo.
- 71.- Ante los acontecimientos trato de descubrir los principios y teorías en que se basan.
- 72.- Con tal de conseguir el objetivo que pretendo soy capaz de herir sentimientos ajenos.
- 73.- No me importa hacer todo lo necesario para que sea efectivo mi trabajo.
- 74.- Con frecuencia soy una de las personas que más anima las fiestas.
- 75.- Me aburro enseguida con el trabajo metódico y minucioso.
- 76.- La gente con frecuencia cree que soy poco sensible a sus sentimientos.
- 77.- Suelo dejarme llevar por mis intuiciones.
- 78.- Si trabajo en grupo procuro que se siga un método y un orden.
- 79.- Con frecuencia me interesa averiguar lo que piensa la gente.
- 80.- Esquivo los temas subjetivos, ambiguos y poco claros.

Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

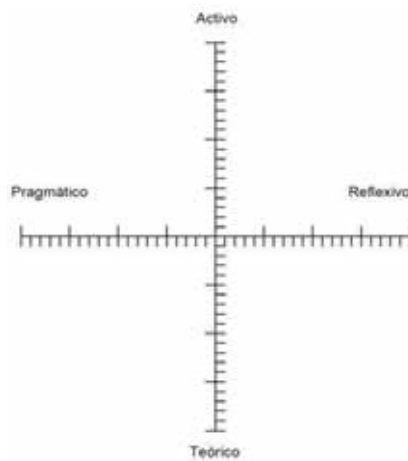
PERFIL DE APRENDIZAJE

- 1.- Rodee con una línea cada uno de los números que ha señalado con un signo más (+)
- 2.- Sume el número de círculos que hay en cada columna.
- 3.- Coloque estos totales en la gráfica. Así comprobará cual es su estilo o estilos de aprendizaje preferentes.

	I	II	III	IV
	3	10	2	1
	5	16	4	8
	7	18	6	12
	9	19	11	14
	13	28	15	22
	20	31	17	24
	26	32	21	30
	27	34	23	38
	35	36	25	40
	37	39	29	47
	41	42	33	52
	43	44	45	53
	46	49	50	56
	48	55	54	57
	51	58	60	59
	61	63	64	62
	67	65	66	68
	74	69	71	72
	75	70	78	73
	77	79	80	76

Totales:

GRUPO: Activo Reflexivo Teórico Pragmático





Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Anexo II: Cuestionarios exploratorios sobre las características del servicio del mantenimiento en relación a la transmisión del conocimiento y sus acciones tácticas fundamentales



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS
DOCTORAL

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
 CELESTINO ARBIO EXP-LABORATORIO

Modelo de mantenimiento operativo en explotación orientado a la mejora de la fiabilidad y eficiencia energética, basado en técnicas de gestión del conocimiento

OBJETIVO DEL ESTUDIO:

Tener como objetivo: identificar, analizar los sistemas de mantenimiento industrial, con el fin de investigar los estados de funcionamiento adecuados, detectar procesos de mejora en cuanto al proceso de transición de la información y gestión del conocimiento, que redunden en la mejora operativa de explotación, aumento de la fiabilidad y eficiencia energética de los sistemas e instalaciones involucradas, que incluyan en la mejora continua de la empresa.

La meta final a cumplir es desarrollar un modelo de mantenimiento operativo en explotación orientado a la mejora de la fiabilidad y eficiencia energética, basado en técnicas de gestión del conocimiento, que redunden en la función operativa de la empresa o servicio a prestar, reducción de costos, identificación de procesos críticos, así como la retroalimentación y mejora de la formación de todo el personal implicado en los servicios de mantenimiento.

POLÍTICA DE CONFIDENCIALIDAD:
 La información proporcionada en este cuestionario será tratada de manera confidencial y agrupada de manera que las opiniones particulares que estuviera protegidas por el secreto estadístico, no sean identificadas.

INSTRUCCIONES PARA COMPLETAR EL CUESTIONARIO:

• Junto a las preguntas, existen unos recuadros para indicar de 1 hasta 5 (1 significa "satisfacción", 5 máxima "satisfacción", debiendo poner una cruz en la respuesta seleccionada. En el caso de desconocer o no ser procedente la pregunta, debido a la dificultad de analizarla, la respuesta se dejará en blanco.

• En el caso que se quiera cambiar con algunos o escribir un texto, escriba en el recuadro correspondiente al situado a continuación de la pregunta.

DATOS DEL ENCUESTADO Y EMPRESA:

CON INGENIERIA **SECTOR EMPRESA:** **SECTOR EMPRESA:**

SECTOR EMPRESAS: AGRICULTURA, GANADERÍA, MINERÍA, INDUSTRIA, SERVICIOS, COMERCIO, ALIMENTACIÓN, TURISMO, EDUCACIÓN, SANIDAD, TRANSPORTE, OTRAS EMPRESAS

NOMBRE ENCUESTADO: **SECTOR EMPRESA:** **SECTOR EMPRESA:**

SECTOR EMPRESAS: AGRICULTURA, GANADERÍA, MINERÍA, INDUSTRIA, SERVICIOS, COMERCIO, ALIMENTACIÓN, TURISMO, EDUCACIÓN, SANIDAD, TRANSPORTE, OTRAS EMPRESAS

CARGO EN LA EMPRESA: DIRECTIVO JEFE RESPONSABLE TECNICO OPERARIO ADMINISTRATIVO

OTROS CARGOS EN LA EMPRESA: MANTENIMIENTO INSPECCIÓN ADMINISTRACIÓN OTROS CARGOS

¿Algunas operaciones de explotación en el desarrollo de su actividad: **Adaptado a la empresa:** **email:**

¿Preocupado o insatisfecho: **¿Satisfecho o complacido en su área:**

¿Tiene acceso a sistemas de información en el desarrollo de su trabajo? SI No **¿Satisfecho de su empresa:**

FORMACIÓN/ACTUALIZACIÓN: ENVIRONMENTAL EFICIENCIA OPERATIVA B. ACERCA DEL CONOCIMIENTO OTRAS



A GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO (Comentarios y sugerencias)

Una vez realizado el cuestionario, rellena en esta hoja aquellos comentarios o sugerencias que considere necesarios, que creas que no están debidamente reflejados en el cuestionario, y que ayudarán a conocer mejor los procesos de explotación, almacenamiento y administración del conocimiento en la gestión de mantenimiento, que redunden en un mayor de trabajo y en la mejora de la eficiencia de los procesos.

A. COMENTARIOS GENERALES SOBRE LA ADECUADA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO EN LA ACTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

B. COMENTARIOS SOBRE LA ADECUADA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ACTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

C. COMENTARIOS SOBRE LA ADECUADA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ACTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

D. COMENTARIOS SOBRE LA ADECUADA GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO PARA LA MEJORA DE LA ACTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

TESIS DOCTORAL

MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL



GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

Table with 5 columns (1-5) and 10 rows of Likert scale items (901A-914A) related to knowledge management in maintenance engineering.



GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA INGENIERÍA DEL MANTENIMIENTO

Table with 5 columns (1-5) and 10 rows of Likert scale items (902A-908A) related to knowledge management in maintenance engineering.



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL

Capítulo I Capítulo II Capítulo III Capítulo IV Capítulo V Capítulo VI Capítulo VII ANEXOS INDICE



A-5

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-5: CLIENTES DE MANTENIMIENTO)

007. Dado la visión global de la empresa, considere que los objetivos de mantenimiento, como los recursos humanos, 2 son consistentes de manera efectiva entre sí y los recursos.	1	2	3	4	5	007. Ante problemas de acceso, el estado "1" y "2" coincide con prioridad en relación al cliente de atención y otros puntos.	1	2	3	4	5
008. La relación con los clientes de mantenimiento, en todo, se basa en criterios todos los importantes, se les aplica los procesos a realizar, y las prioridades de gestión.	1	2	3	4	5	008. De una manera (1) OTRA, considere que los sistemas con los clientes de mantenimiento, el nivel de conocimiento de nuestro equipo, etc, es:	1	2	3	4	5
009. Las prioridades de los clientes a mantenerse, sean regulares o esporádicas, se reflejan en el nivel de atención, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5	009. El uso de sistemas de mantenimiento, sean regulares o esporádicos, se reflejan en el nivel de atención, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5
010. Los recursos asignados por cada cliente de mantenimiento, son controlados a un nivel para que se desarrolle y gestione, la acción y control de dicho procedimiento.	1	2	3	4	5	010. Los recursos asignados por cada cliente de mantenimiento, son controlados a un nivel para que se desarrolle y gestione, la acción y control de dicho procedimiento.	1	2	3	4	5
011. Como que cada importante, de información al nivel de la organización de mantenimiento, de los datos que existen, por que sean relevantes de los procedimientos de mantenimiento.	1	2	3	4	5	011. Como que cada importante, de información al nivel de la organización de mantenimiento, de los datos que existen, por que sean relevantes de los procedimientos de mantenimiento.	1	2	3	4	5



A-6

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-6: OFICINA TÉCNICA)

007. La relación de la oficina técnica con la oficina de mantenimiento es directa y consistente. Esas son las acciones que se realizan en la oficina técnica.	1	2	3	4	5	007. Existen procedimientos para la normalización de la oficina, en relación con los datos, desde el momento de la creación de los nuevos proyectos.	1	2	3	4	5
008. Ante un nuevo estudio, se realiza un análisis de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos.	1	2	3	4	5	008. Cuando se realiza un nuevo estudio, se realiza un análisis de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos.	1	2	3	4	5
009. Se documenta todo el proceso del mantenimiento, se realiza un estudio de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos.	1	2	3	4	5	009. Cuando se realiza un nuevo estudio, se realiza un análisis de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos, se realiza un estudio de los datos técnicos.	1	2	3	4	5
010. El uso de sistemas de mantenimiento, sean regulares o esporádicos, se reflejan en el nivel de atención, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5	010. La información general, en relación con los datos, desde el momento de la creación de los nuevos proyectos.	1	2	3	4	5
011. He recibido formación e información, sobre la conservación del equipo de mantenimiento, de los datos técnicos, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5	011. He recibido formación e información, sobre la conservación del equipo de mantenimiento, de los datos técnicos, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5
012. Voy del sistema de gestión del conocimiento, que permite integrar todos los datos técnicos, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5	012. Voy del sistema de gestión del conocimiento, que permite integrar todos los datos técnicos, y así mismo se relaciona con seguridad los puntos que le preceden.	1	2	3	4	5
013. Utilizo y abordo la información y el conocimiento de empresa externa, que son útiles para desarrollar nuevos acciones en proyectos.	1	2	3	4	5	013. Utilizo y abordo la información y el conocimiento de empresa externa, que son útiles para desarrollar nuevos acciones en proyectos.	1	2	3	4	5



A-7 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-7 ADMINISTRACIÓN MANTENIMIENTO)

001. La gestión administrativa con todos los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información.	1	2	3	4	5	007. La organización de los trabajos de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5
002. Los planes más sencillos de gestión de mantenimiento, en orden de la calidad de la ejecución y la posibilidad de reordenarlos.	1	2	3	4	5	008. La organización de los trabajos de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5
003. Los planes más sencillos de gestión de mantenimiento, en orden de la calidad de la ejecución y la posibilidad de reordenarlos.	1	2	3	4	5	009. La organización de los trabajos de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5
004. Puede estar con facilidad reordenados, informes, etc. de todos los indicadores de mantenimiento y gestión de mantenimiento.	1	2	3	4	5	010. La gestión de compras en el área de mantenimiento.	1	2	3	4	5
005. Puede estar con facilidad reordenados, informes, etc. de todos los indicadores de mantenimiento y gestión de mantenimiento.	1	2	3	4	5	011. Se tiene controlado y actualizado el estado de los trabajos de mantenimiento en el 70% y los procedimientos son precisos.	1	2	3	4	5
006. Los procedimientos administrativos de mantenimiento, los planes son sencillos.	1	2	3	4	5	012. Se tiene controlado y actualizado el estado de los trabajos de mantenimiento en el 70% y los procedimientos son precisos.	1	2	3	4	5
007. Tiene acciones periódicas con las acciones de mantenimiento, en las que se indican las indicaciones, en las que se indican las indicaciones, en las que se indican las indicaciones y se mejoran de la eficiencia del servicio.	1	2	3	4	5	013. Se tiene controlado y actualizado el estado de los trabajos de mantenimiento en el 70% y los procedimientos son precisos.	1	2	3	4	5

A-8 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ING. MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-8 SERVICIO DE INFORMÁTICA Y MANTENIMIENTO)

001. Más regulador y programa por parte de las acciones de mantenimiento por acción o desarrollo de programas de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5	006. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
002. Más regulador y programa por parte de las acciones de mantenimiento por acción o desarrollo de programas de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5	007. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
003. Más regulador y programa por parte de las acciones de mantenimiento por acción o desarrollo de programas de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5	008. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
004. Más regulador y programa por parte de las acciones de mantenimiento por acción o desarrollo de programas de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5	009. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
005. Más regulador y programa por parte de las acciones de mantenimiento por acción o desarrollo de programas de mantenimiento, en combinación de recursos humanos.	1	2	3	4	5	010. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5



A-9 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ING. MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-9 CRITERIOS CLAVE DEL FLUJO DE CONOCIMIENTO)

001. Pueden globalmente de los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información, y de los procedimientos que se aplican en el área.	1	2	3	4	5	006. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
002. Pueden globalmente de los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información, y de los procedimientos que se aplican en el área.	1	2	3	4	5	007. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
003. Pueden globalmente de los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información, y de los procedimientos que se aplican en el área.	1	2	3	4	5	008. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
004. Pueden globalmente de los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información, y de los procedimientos que se aplican en el área.	1	2	3	4	5	009. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5
005. Pueden globalmente de los aspectos de mantenimiento en el ámbito de la información, y de los procedimientos que se aplican en el área.	1	2	3	4	5	010. El medio informático en esta tecnología, aplicando con eficacia el servicio que prestamos, y las acciones de la organización tienen alto el papel que desempeñan.	1	2	3	4	5

MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL

A-10 *GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MANTENIMIENTO HACIA CONTROLES EFECTIVOS (A-10) CONOCIMIENTO TÉCNICO Y EFECTIVO EN LA ORGANIZACIÓN (A-10)*

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

A-10 *GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MANTENIMIENTO HACIA CONTROLES EFECTIVOS (A-10) CONOCIMIENTO TÉCNICO Y EFECTIVO EN LA ORGANIZACIÓN (A-10)*

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?

¿Qué tipo de conocimiento es el que se genera en la explotación que contribuye a mejorar el mantenimiento y por qué es importante tenerlo?



Capítulo I, Capítulo II, Capítulo III, Capítulo IV, Capítulo V, Capítulo VI, Capítulo VII, ANEXOS, INDICE

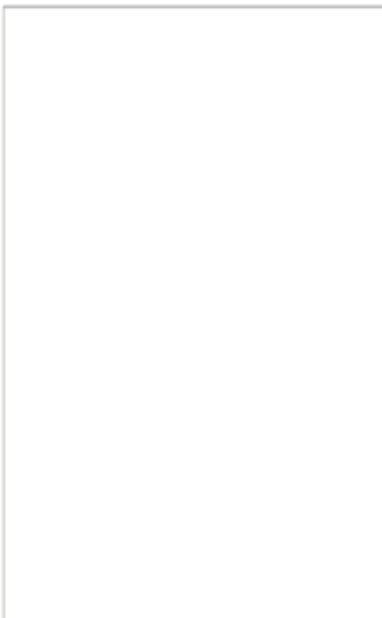


A-10 DISEÑO DEL CONOCIMIENTO EN IMC. MANTENIMIENTO HACIA CRITERIOS ESTRATÉGICOS (A-10 CONOCIMIENTO TÁCTICO Y EXPLÍCITO EN LA ORGANIZACIÓN)

Obj. y finalidad sobre este tema, en referencia a la gestión del conocimiento en la actividad de mantenimiento. ¿Qué tipos de conocimiento tiene este tema, que se puede hacer más productivo?

Obj. ¿Qué tipo de formación se le consideraría recibir, en qué modo y momento, para que la actividad mejore su efectividad de su trabajo?

Obj. ¿Se refiere a conocimientos, habilidades o competencias que considero adquirir y que sean útiles y útiles en el mantenimiento?





Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

Anexo III: Evaluación del estado actual sistemas mantenimiento industrial. Norma Covenin 2500



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS
DOCTORAL

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Manual para Evaluar Los Sistemas de Mantenimiento en la Industria
COVENIM 2000-SI (Fondokomru)

	Puntuación máxima	Deméritos	Calificación
AREA I: ORGANIZACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN			
I.1 Funciones y Responsabilidades, Principios			
Principio Básico			
La Organización posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades, estructurales de la organización (guardando la relación con su trabajo y complejidad en producción).	60		
Deméritos			
I.1.1 La Organización no posee organigramas, acuerdos con su estructura o no están actualizados, tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.	20		
I.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.	20		
I.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.	20		
I.2 Autoridad y Autonomía			
Principio Básico			
Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen la suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	40		
Deméritos			
I.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida	10		
I.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones	10		
I.2.3 Existe duplicidad de funciones	10		
I.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas asignados en cada dependencia o unidad, tiene que ser elevada previa consulta a los niveles superiores	10		
I.3 Sistema de Información			
Principio Básico			
La Organización cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.	50		

Deméritos			
I.3.1 La Organización no cuenta con un organigrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales participantes en la toma de decisiones.	10		
I.3.2 La Organización no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.	5		
I.3.3 La Organización no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.	5		
I.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes	10		
I.3.5 La interoperabilidad no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los materiales que se desean obtener.	10		
I.3.6 La Organización no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	10		
AREA II: ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO			
II.1 Funciones y Responsabilidades			
Principio Básico			
La función mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para esta departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para las diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.	80		
Deméritos			
II.1.1 La empresa no tiene organigramas, acuerdos a su estructura o no están actualizados para La Organización de mantenimiento.	15		
II.1.2 La Organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño de la SP, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica, u otro.	15		
II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción.	15		
II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.	10		
II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisor necesario, para el logro de los objetivos deseados.	10		
II.1.6 La Organización no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.	15		
II.2 Autoridad y Autonomía			
Principio Básico			
Las personas, asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	50		



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL

Capítulo I Capítulo II Capítulo III Capítulo IV Capítulo V Capítulo VI Capítulo VII ANEXOS INDICE

Definición		
II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas sus líneas de autoridad.	15	
II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.	15	
II.2.3 Se previenen solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la Organización de mantenimiento.	10	
II.2.4 Los problemas de cañer no están ni pueden ser resueltos sin consultar a niveles superiores.	10	
II.3 Sistema de Información		
Principio Básico		
La Organización de mantenimiento posee un sistema que le permita manejar oportunamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallos, programación de mantenimiento, estadísticas, costes, información sobre equipos, u otro).	70	
Definición		
II.3.1 La Organización de mantenimiento no cuenta con un flujoograma para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.	15	
II.3.2 La Organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de sus diferentes secciones o unidades en base a los resultados que se desean obtener.	15	
II.3.3 La Organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se reproduzca información errada o incompleta en el sistema de información.	10	
II.3.4 La Organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado de documentos.	10	
II.3.5 No existen procedimientos normalizados (firmados) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.	10	
II.3.6 La Organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	10	
AREA DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO		
II.1 Objetivos y Metas		
Principio Básico		
Deberá de La Organización de mantenimiento la Unidad de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo ello incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.	70	
Definición		
II.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir La Organización de mantenimiento.	20	

II.1.2 La Organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifican detalladamente las necesidades metas y objetivos de mantenimiento para las diferentes divisiones, equipos a mantener.	20	
II.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.	15	
II.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.	15	
II.2 Políticas para la planificación		
Principio Básico		
La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucra su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	70	
Definición		
II.2.1 La organización no posee un estado donde se especifican detalladamente las necesidades metas y objetivos de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.	20	
II.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.	20	
II.2.3 A los sistemas solo se les realiza mantenimiento cuando fallan	15	
II.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.	15	
II.3 Control y Evaluación		
Principio Básico		
La Organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permita registrar información del proceso e de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario físico de cada sistema, su ubicación, descripción y datos de mantenimiento (ordenado para la ejecución de los planes de mantenimiento).	60	
Definición		
II.3.1 No existen procedimientos normalizados para recibir y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.	10	
II.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.	10	
II.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.	10	
II.3.4 No se dispone de un inventario físico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenecen, recogiendo esta información en formatos normalizados.	10	
II.3.5 No se tienen registros de fallas y causas por escrito.	5	
II.3.6 No se tienen estadísticas de tiempos de parada y de tiempo de reparación.	5	

N2.7 No se tiene actualizada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.	5
N2.8 La información no es procesada y analizada para la toma de decisiones.	5
AREA IV: MANTENIMIENTO ORDINARIO	
N.1 Planificación	
Principio Básico	
La Organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los efectos de mantenimiento, asignando los recursos responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento ordinario se ejecuten en forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento ordinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	100
Demarción	
N1.1 No están diseñadas en forma clara y precisa las instrucciones, técnicas que permitan al operario o no su efecto a La Organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento ordinario a los sistemas.	20
N1.2 Faltan de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento ordinario.	20
N1.3 Los operarios no están bien entrenados sobre el mantenimiento a realizar.	20
N1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento ordinario.	20
N1.5 Las labores de mantenimiento ordinario no son realizadas por el personal más adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.	10
N1.6 No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	10
N.2 Programación e implementación	
Principio Básico	
Las acciones de mantenimiento ordinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpe el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento ordinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.	80
Demarción	
N2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento ordinario.	15
N2.2 La programación de mantenimiento ordinario no está definida de manera clara y detallada.	10
N2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutándose las acciones de manera variable y ocasionalmente.	10

N2.4 Las actividades de mantenimiento ordinario están programadas durante toda los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.	10
N2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento ordinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento respecto de la semana.	10
N2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implementación del plan de mantenimiento ordinario.	10
N2.7 No se tienen claramente identificadas a los sistemas que conformarían parte de las actividades de mantenimiento ordinario.	10
N2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento ordinario.	5
N.3 Control y Evaluación	
Principio Básico	
El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diversos objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento ordinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento ordinario.	70
Demarción	
N3.1 No se dispone de una forma para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.	10
N3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento ordinario, hasta su ejecución.	15
N3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento ordinario realizadas.	5
N3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento ordinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.	10
N3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento ordinario permitiendo presupuestos más reales.	5
N3.6 El personal encargado de las labores de ajuste y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.	5
N3.7 La recopilación de información no permite la actualización del mantenimiento ordinario basándose en los recursos, utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20
N.4 Planificación	
Principio Básico	



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL

Capítulo I Capítulo II Capítulo III Capítulo IV Capítulo V Capítulo VI Capítulo VII ANEXOS INDICE

<p>La Organización de mantenimiento programado cuenta con una metodología y procedimiento para que las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La Organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones de frecuencia desde quincenal y hasta anuales a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La Organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas, para obtener datos de revisión de los elementos más importantes.</p>	100	
<p>Definición</p> <p>V.1.1 No existen estudios previos que contengan la obtención de las cargas de trabajo cíclicas de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones, según a acciones de mantenimiento.</p>	20	
<p>V.1.2 La empresa no posee un estudio donde especifique las necesidades reales y objetivos para los diferentes tipos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.</p>	15	
<p>V.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridades, y en el cual se especifiquen las acciones a ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales.</p>	15	
<p>V.1.4 La información para la elaboración de instrucciones, técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.</p>	20	
<p>V.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.</p>	10	
<p>V.1.6 No se ha determinado la tarea a hacer necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual.</p>	10	
<p>V.1.7 No existe una planificación conjunta entre La Organización de mantenimiento, producción, administración y otros, entre de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.</p>	10	
<p>V.2 Programación e Implementación</p>		
<p>Principio Básico</p> <p>La organización tiene establecidas instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente en relación con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.</p>	80	
<p>Definición</p>		
<p>V.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado.</p>	20	
<p>V.2.2 Las actividades están programadas durante todo el año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación.</p>	10	
<p>V.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia establecida ejecutando las acciones de manera variable y costosa.</p>	15	
<p>V.2.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento.</p>	10	
<p>V.2.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado.</p>	10	

<p>V.2.6 La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.</p>	15	
<p>V.3 Control y evaluación</p>		
<p>Principio Básico</p> <p>La Organización dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y la evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.</p>	70	
<p>Definición</p>		
<p>V.3.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado</p>	15	
<p>V.3.2 No se tienen las fechas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.</p>	10	
<p>V.3.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior</p>	10	
<p>V.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento programado y a su vez ordenar para a seguir o regular acciones a las fechas establecidas.</p>	5	
<p>V.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto al consumo de ciertos recursos requeridos para ejecutar el mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales.</p>	5	
<p>V.3.6 El personal encargado de las labores de control y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.</p>	5	
<p>V.3.7 La recolección de información no permite la evaluación del mantenimiento programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.</p>	20	
<p>AREA VII: MANTENIMIENTO CORRECTIVO</p>		
<p>VII.1 Planificación</p>		
<p>Principio Básico</p> <p>La organización cuenta con una metodología y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se lleven en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.</p>	100	
<p>Definición</p>		
<p>VII.1.1 No se tienen registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia.</p>	30	
<p>VII.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuáles se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.</p>	30	
<p>VII.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.</p>	20	
<p>VII.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensión de las actividades a ejecutar se tome la decisión de delegar una actividad y emprender otra que tenga más importancia.</p>	20	
<p>VII.2 Programación e Implementación</p>		

Principio Básico	Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia programada de manera que cuando cuenta con el tiempo se pueda trabajar en el lugar y persona para que el mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La organización de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma programada.	80	
Derivados			
VI.2.1	Non se bene establida la programaci3n de ejecuci3n de las acciones de mantenimiento correctivo.	20	
VI.2.2	La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad segun el orden de importancia de las fallas, para la programaci3n de las actividades de mantenimiento correctivo.	20	
VI.2.3	No existe una buena distribuci3n del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.	20	
VI.2.4	El Personal encargado para la ejecuci3n del mantenimiento correctivo, no est3 capacitado para tal fin.	20	
VI.3 Control y Evaluaci3n			
Principio Básico	La Organizaci3n de mantenimiento posee un sistema de control para conocer como se ejecuta el mantenimiento correctivo. Puede todos los formatos plant3s o fichas de control de materiales, repuestos y horas - hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.	70	
Derivados			
VI.3.1	No existen mecanismos de control predictivos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.	15	
VI.3.2	No se llevan registros del tiempo de ejecuci3n de cada operaci3n.	15	
VI.3.3	No se llevan registros de la utilizaci3n de materiales y repuestos en la ejecuci3n de mantenimiento correctivo.	20	
VI.3.4	La recopilaci3n de informaci3n no permite la evaluaci3n del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparaci3n con los demás tipos de mantenimiento.	20	
ÁREA VIII: MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
VI.1 Determinaci3n de Parámetros			
Principio Básico	La organizaci3n tiene establecido por objetivo lograr <i>eficiencia del sistema</i> segun como la disponibilidad de equipos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organizaci3n dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas adecuadas incluso métodos estadísticos, mediante la determinaci3n de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.	80	
Derivados			
VI.1.1	La organizaci3n no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinaci3n de los parámetros de mantenimiento.	20	

VI.1.2	La organizaci3n no cuenta con estadísticas que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos de mantenimiento.	20	
VI.1.3	No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.	20	
VI.1.4	No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.	10	
VI.1.5	El personal de La Organizaci3n de mantenimiento no est3 capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.	10	
VI.2. Planificaci3n			
Principio Básico	La organizaci3n dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.	40	
Derivados			
VI.2.1	No existe una clara delimitaci3n entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que pertenecen en algunos momentos a la demarcaci3n de producci3n, sustituci3n o reparaci3n correctiva.	20	
VI.2.2	La organizaci3n no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la informaci3n básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.	20	
VI.3 Programaci3n e Implantaci3n			
Principio Básico	Las actividades de mantenimiento preventivo est3n programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la estadística necesaria para tener a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producci3n y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que require a programaci3n. La implantaci3n de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	70	
Derivados			
VI.3.1	Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no est3n asignadas a un día específico en los períodos de tiempo consecutivos.	20	
VI.3.2	Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecuci3n de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.	15	
VI.3.3	Las actividades de mantenimiento preventivo est3n programadas durante todas las semanas del a3o, impidiendo que estas no queden para el ajuste de la programaci3n.	15	
VI.3.4	No existe apoyo hacia la organizaci3n que permita la implantaci3n progresiva del programa de mantenimiento preventivo.	10	
VI.3.5	Los planes y políticas para la programaci3n de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estado de las fallas realizadas.	10	
VI.4 Control y Evaluaci3n			
Principio Básico			



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS DOCTORAL

En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo.	40		
Densidades			
VI.1.1 No existe un seguimiento desde la generación de la instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.	15		
VI.1.2 No existen los mecanismos adecuados para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo hasta su ejecución.	15		
VI.1.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recopila la información básica de cada equipo/inventario.	10		
VI.1.4 La recuperación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basado en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20		
ÁREA IX: MANTENIMIENTO POR AVERÍA			
IX.1 Atención a las fallas			
Principio Básico			
La organización está en capacidad para atender de una forma rigurosa y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ello prácticas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y recuperación de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.	100		
Densidades			
IX.1.1 Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas relacionados y conflictos entre el personal.	20		
IX.1.2 No se cuenta con indicadores de registros de fallas que permitan el análisis de las averías recurrentes para cierto periodo.	20		
IX.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar un falla no se hacen de una manera rigurosa.	15		
IX.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan determinar el tiempo fuera de servicio del sistema.	15		
IX.1.5 Los tiempos asignados, de espera por materiales o repuestos, y de localización de falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.	15		
IX.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.	15		
IX.2 Supervisión y Ejecución			
Principio Básico			
Los ajustes, arreglos de defectos y atención a requerimientos urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la acción de la falla, en el periodo de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos para la atención de las averías.	80		
Densidades			
IX.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento para avería hasta su ejecución.	20		
IX.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.	15		
IX.2.3 La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la ejecución y puesta en marcha del sistema averiado.	10		
IX.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.	10		
IX.2.5 No se llevan registros para averiar las fallas y determinar la corrección definitiva e la prevención de las mismas.	5		
IX.2.6 No se llevan registros sobre el consumo, de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías.	5		
IX.2.7 No se cuenta con los herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de averías.	5		
IX.2.8 No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.	10		
IX.3 Información sobre las averías			
Principio Básico			
La Organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originan con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.	70		
Densidades			
IX.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.	20		
IX.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.	10		
IX.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto, de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.	20		
IX.3.4 La recolección de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20		
ÁREA X: PERSONAL DE MANTENIMIENTO			
X.1 Características de las necesidades del personal			
Principio Básico			
La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de las personas que se requieren en la Organización de mantenimiento para el cumplimiento de las diferentes propuestas.	70		
Densidades			

X.1.1	No se tiene uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.	30	
X.1.2	La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustada a la realidad de la empresa.	20	
X.1.3	La Organización de mantenimiento no cuenta con formas donde se especifique, el tipo y número de operaciones de mantenimiento por tipo de incidencia, tipo de mantenimiento y para cada sistema de programados.	20	
X.2 Selección y Formación			
Principio Básico			
La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo exigiendo a mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otras.			
Demeritos			
X.2.1	La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.	10	
X.2.2	No se tienen procedimientos para la selección de personal.	10	
X.2.3	No se tienen establecidos períodos de adaptación del personal.	10	
X.2.4	No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.	10	
X.2.5	Los cambios en la Organización de mantenimiento no se tienen por escrito.	10	
X.2.6	La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.	10	
X.2.7	La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.	10	
X.2.8	Para la asignación de cargas no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.	10	
X.3 Motivación e Incentivos			
Principio Básico			
La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La Organización de mantenimiento posee un sistema evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales.			
Demeritos			
X.3.1	El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incluye el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.	20	

X.3.2	No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.	10	
X.3.3	La empresa no otorga reconocimientos o estimaciones dadas en la puntualidad en la asistencia al trabajo, calidad de trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento.	10	
X.3.4	No se estimula al personal con cargos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.	10	
ANEXOS XI: APOYO LOGÍSTICO			
XI.1 Apoyo Administrativo			
Principio Básico			
La Organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa, en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.			
Demeritos			
XI.1.1	Los recursos asignados a La Organización de mantenimiento no son suficientes.	10	
XI.1.2	La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a La Organización de mantenimiento.	10	
XI.1.3	La administración no funciona en coordinación con La Organización de mantenimiento.	10	
XI.1.4	Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.	5	
XI.1.5	La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.	5	
XI.2 Apoyo Gerencial			
Principio Básico			
La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formalizados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa.			
Demeritos			
XI.2.1	La Organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización gerencial.	10	
XI.2.2	Para la gerencia, mantenimiento es solo la reparación de los sistemas.	10	
XI.2.3	La gerencia considera que no es prioridad la existencia de una organización de mantenimiento, que permita generar las pautas involucradas de los sistemas, por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos.	10	
XI.2.4	La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones.	5	

XII.4.2	El material se entrega con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.	3
XII.4.3	Los materiales no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).	3
XII.4.4	No se ha determinado el costo por falta de material.	3
XII.4.5	No se ha establecido cuáles materiales tener en stock y cuáles comprar de acuerdo a pedidos.	3
XII.4.6	No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente.	3
XII.4.7	No se lleva el control (formatos) de los materiales desechados por mala calidad.	3
XII.4.8	No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material.	3
XII.4.9	No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.	3
XII.4.10	No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material.	3
XII.5	Requisitos	
	Principio Básico	
	La Organización de mantenimiento cuenta con un stock de repuestos, de buena calidad y con facilidad para su obtención, y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, seguridad jurídica de que el sistema opere en zona eléctrica. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su correcta gestión y manejo. Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como también los plazos de entrega. Se cuenta con políticas de inventario para los repuestos detalladas en mantenimiento.	30
	Deméritos	
XII.5.1	No se cuenta con los repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.	3
XII.5.2	Los repuestos se dan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.	3
XII.5.3	Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén (etiquetas, sellos, rótulos, colores u otros).	3
XII.5.4	No se ha determinado el costo por falta de repuestos.	3
XII.5.5	No se ha establecido cuáles repuestos tener en stock y cuáles comprar de acuerdo a pedidos.	3
XII.5.6	No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente.	3

XII.5.7	No se lleva el control (formatos) de los repuestos desechados por mala calidad.	3
XII.5.8	No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.	3
XII.5.9	No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.	3
XII.5.10	No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuesto.	3

Proceso de Work Management	Área o Proceso de la Empresa	Principio Básico	Evaluación	Evaluación por Zona	
				Evaluación por Zona	Evaluación Promedio
1. IDENTIFICACIÓN	Planificación de Mantenimiento	Políticas para la Planificación	100%		
	Mantenimiento Rutinario	Planificación	100%		
	Mantenimiento Programado	Planificación	100%		
	Mantenimiento Correctivo	Planificación	100%		
	Mantenimiento Preventivo	Determinación de Puntos de Falta	100%		
		Planificación	100%		
VALOR PROMEDIO			100%		
2. PROGRAMACIÓN	Planificación de Mantenimiento	Objetivos y Medios	100%		
	Mantenimiento por Avería	Abandón de Falta	100%		
	VALOR PROMEDIO				
3. PROGRAMACIÓN	Mantenimiento Rutinario	Programación	100%		
	Mantenimiento Programado	Programación	100%		
	Mantenimiento Correctivo	Programación	100%		
	Mantenimiento Preventivo	Programación	100%		
	Personal de Mantenimiento	Cualificación Necesidades de Personal	100%		
	Apoyo Logístico	Apoyo Administrativo	100%		
	Recursos	Equipos, herramientas, instrumentos, materiales y consumibles	100%		
VALOR PROMEDIO			100%		
4. EJECUCIÓN	Mantenimiento Rutinario	Impartición	100%		
	Mantenimiento Programado	Impartición	100%		
	Mantenimiento Correctivo	Impartición	100%		
	Mantenimiento Preventivo	Impartición	100%		
	Mantenimiento por Avería	Supervisión y Ejecución	100%		
	VALOR PROMEDIO				
5. MEDICIÓN	Planificación de Mantenimiento	Control y Evaluación	100%		
	Mantenimiento Rutinario	Control y Evaluación	100%		
	Mantenimiento Programado	Control y Evaluación	100%		
	Mantenimiento Correctivo	Control y Evaluación	100%		
	Mantenimiento Preventivo	Control y Evaluación	100%		
	Mantenimiento por Avería	Información sobre Averías	100%		
	Personal de Mantenimiento	Cualificación Necesidades de Personal	100%		
	Recursos	Equipos, herramientas, instrumentos, materiales y recursos	100%		
VALOR PROMEDIO			100%		

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

Proceso de Work Management	Área o Proceso de la Empresa	Principio Básico	% Brecha	Estrategias de Alto Nivel para Cerrar la Brecha	
1.	IDENTIFICACIÓN	Planificación de Mantenimiento	Políticas para la Planificación	0,0%	
		Mantenimiento Rutinario	Planificación	0,0%	
		Mantenimiento Programado	Planificación	0,0%	
		Mantenimiento Correctivo	Planificación	0,0%	
		Mantenimiento Preventivo	Determinación de Parámetros	0,0%	
			Planificación	0,0%	
		VALOR PROMEDIO		0,0%	
2.	PRIORIZACIÓN	Planificación de Mantenimiento	Objetivos y Metas	0,0%	
		Mantenimiento por Avería	Atención de Fallas	0,0%	
		VALOR PROMEDIO		0,0%	
3.	PROGRAMACIÓN	Mantenimiento Rutinario	Programación	0,0%	
		Mantenimiento Programado	Programación	0,0%	
		Mantenimiento Correctivo	Programación	0,0%	
		Mantenimiento Preventivo	Programación	0,0%	
		Personal de Mantenimiento	Cuantificación Necesidades de Personal	0,0%	
		Apoyo Logístico	Apoyo Administrativo	0,0%	
		Recursos	Equipos, herramientas, instrumentos, sistemas y Repuestos	0,0%	
		VALOR PROMEDIO		0,0%	
4.	EJECUCIÓN	Mantenimiento Rutinario	Implantación	0,0%	
		Mantenimiento Programado	Implantación	0,0%	
		Mantenimiento Correctivo	Implantación	0,0%	
		Mantenimiento Preventivo	Implantación	0,0%	
		Mantenimiento por Avería	Supervisión y Ejecución	0,0%	
		VALOR PROMEDIO		0,0%	
5.	MEDICIÓN	Planificación de Mantenimiento	Control y Evaluación	0,0%	
		Mantenimiento Rutinario	Control y Evaluación	0,0%	
		Mantenimiento Programado	Control y Evaluación	0,0%	
		Mantenimiento Correctivo	Control y Evaluación	0,0%	
		Mantenimiento Preventivo	Control y Evaluación	0,0%	
		Mantenimiento por Avería	Información sobre Averías	0,0%	
		Personal de Mantenimiento	Cuantificación Necesidades de Personal	0,0%	
		Recursos	Equipos, herramientas, instrumentos, sistemas y Repuestos	0,0%	
		VALOR PROMEDIO		0,0%	



Capítulo I

Capítulo II

Capítulo III

Capítulo IV

Capítulo V

Capítulo VI

Capítulo VII

ANEXOS

INDICE

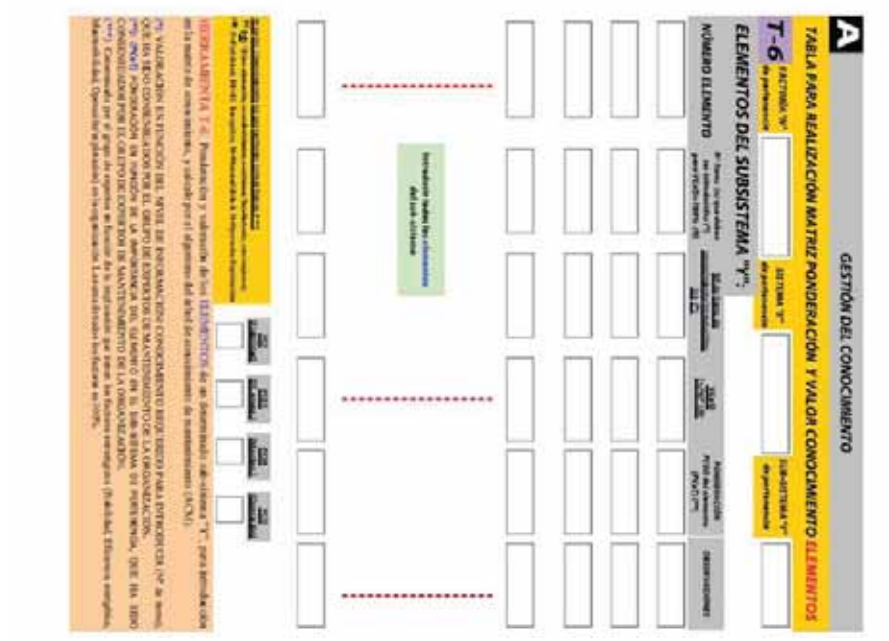
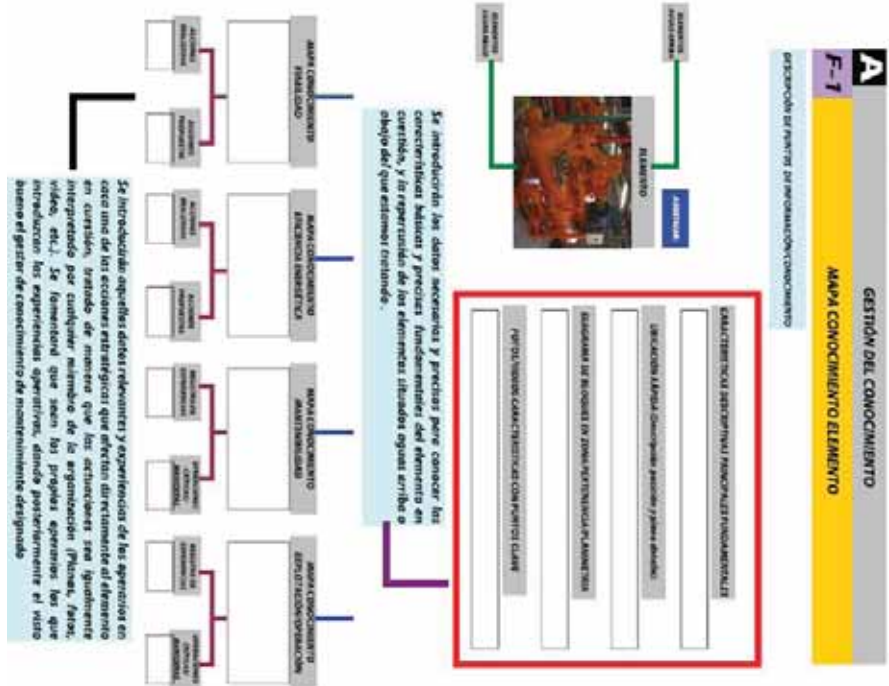
Anexo IV: Fichas exploratorias sobre los aspectos estratégicos del mantenimiento



MODELO DE MANTENIMIENTO OPERATIVO EN EXPLOTACIÓN ORIENTADO A LA MEJORA DE LA FIABILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, BASADO EN TÉCNICAS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

TESIS
DOCTORAL

Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

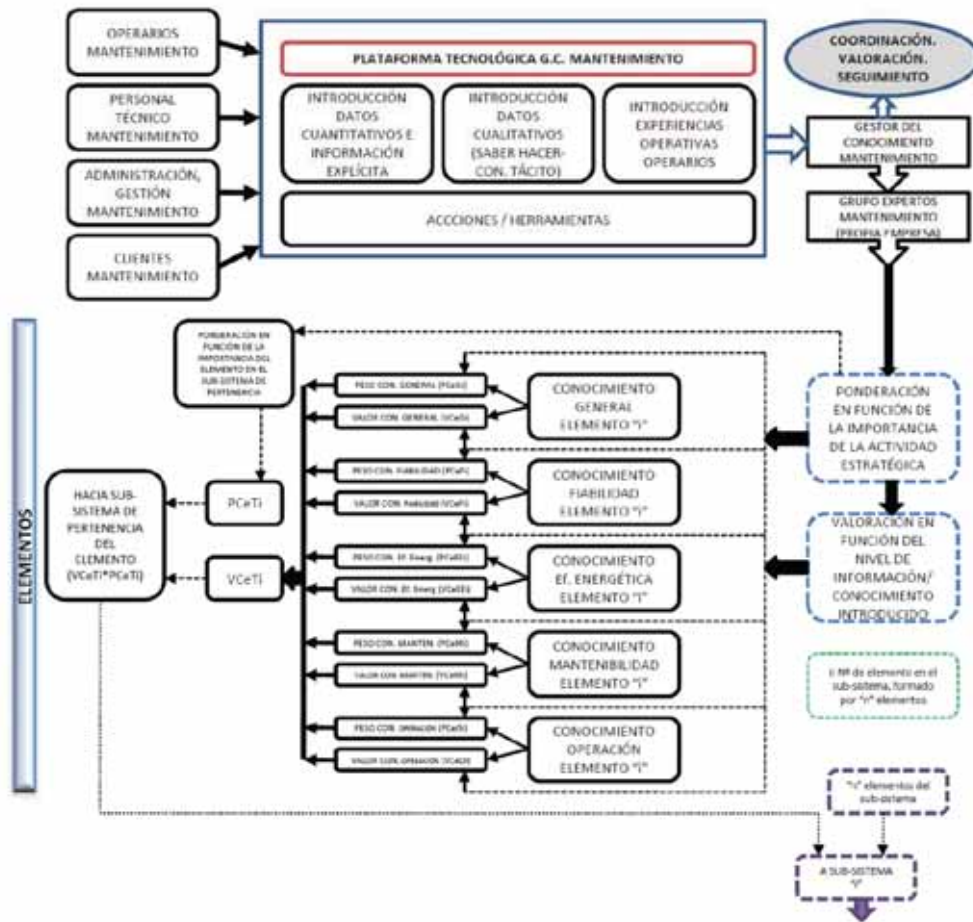


A

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

T-10

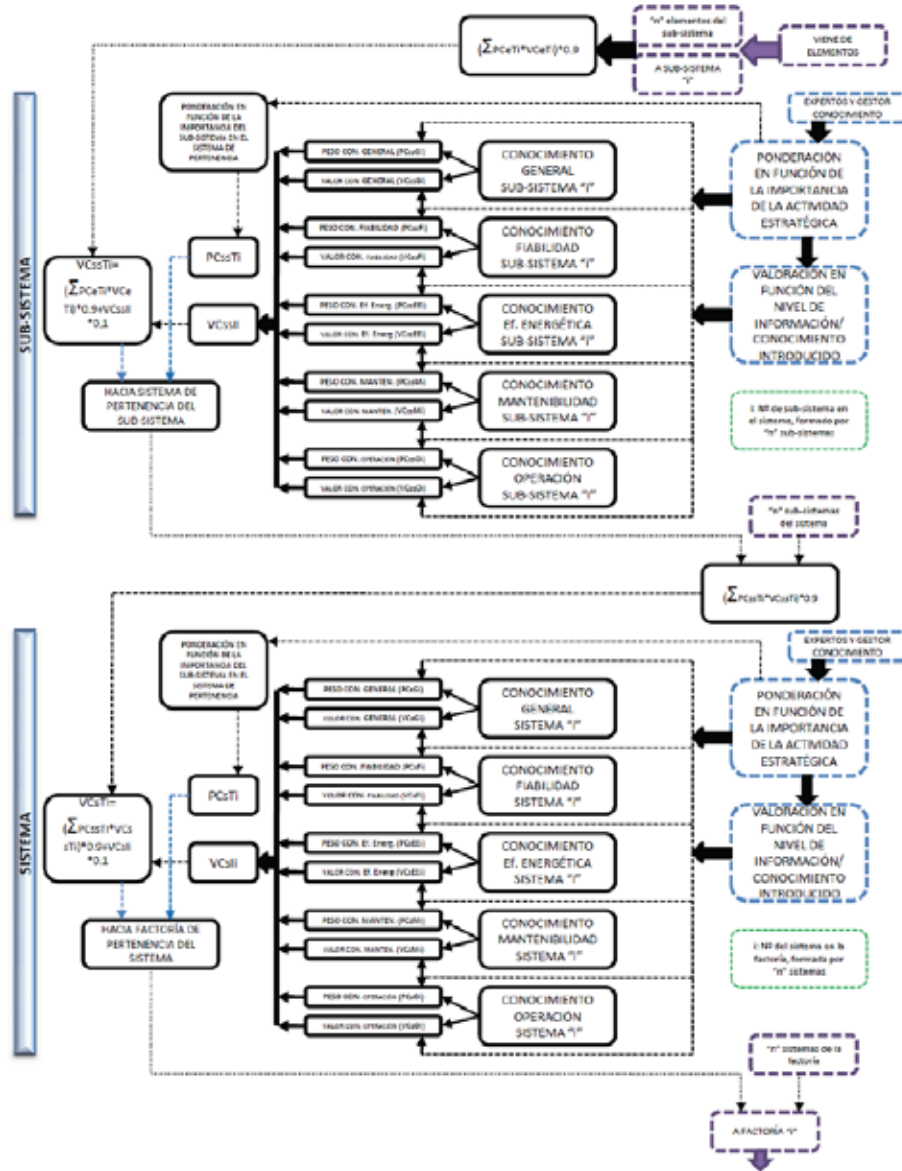
ALGORITMOS PARA ÁRBOL CONOCIMIENTO DE MANTENIMIENTO (ACM)
(VISUALIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO INTRODUCIDO EN CONTENEDOR CONOCIMIENTO)



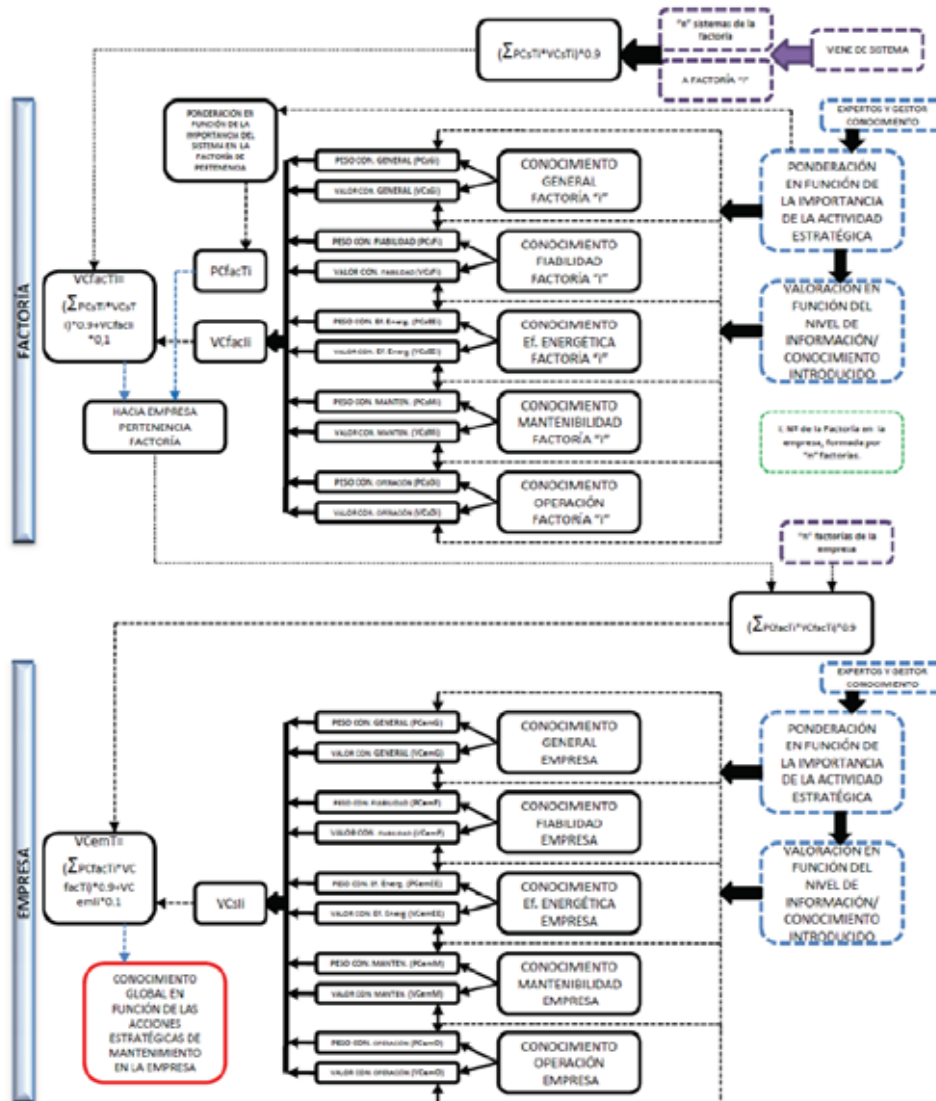
Capítulo I
 Capítulo II
 Capítulo III
 Capítulo IV
 Capítulo V
 Capítulo VI
 Capítulo VII
 ANEXOS
 INDICE



A **GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO**
T-10 **ALGORITMOS PARA ÁRBOL CONOCIMIENTO DE MANTENIMIENTO (ACM)**
(VISUALIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO INTRODUCIDO EN CONTENEDOR CONOCIMIENTO)



A **GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO**
T-10 **ALGORITMOS PARA ÁRBOL CONOCIMIENTO DE MANTENIMIENTO (ACM)**
(VISUALIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO INTRODUCIDO EN CONTENEDOR CONOCIMIENTO)



Capítulo I
Capítulo II
Capítulo III
Capítulo IV
Capítulo V
Capítulo VI
Capítulo VII
ANEXOS
INDICE

