

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

MÁSTER DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES



**EVALUACIÓN DE LA REPERCUSIÓN EN EL PROYECTO DE
IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE ERROR
HUMANO EN LA CENTRAL NUCLEAR DE VANDELLÒS II**

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Presentada por:

Benjamín Daniel Fons Camarena

Director/a de la tesina:

Prof. M^a José Palomo Anaya

Director Prácticas empresa:

Julián Mendoza

Valencia2013

AGRADECIMIENTOS

Agradecer en primer lugar y sobre todo a mi familia (mis padres y mi hermano) todo el apoyo recibido durante toda mi vida tanto, profesional como personal, enseñándome que los logros se obtienen con esfuerzo y dedicación.

Por otro lado a Grupo Dominguis y en representación de la misma a Julián Mendoza por permitirme participar en este proyecto de investigación y darme la posibilidad de crecer profesionalmente en este sector tan complejo e interesante.

A mi tutora de tesina M^a José Palomo por su dedicación y constancia con mi trabajo y formación desde el principio hasta el final de la misma.

Por último, a mis amigos y a mi pareja por todo el ánimo que me han dado para poder finalizar con éxito esta etapa de mi vida.

INDICE:

- 1. OBJETO DE LA TESINA Y ANTECEDENTES**
 - 1.1. Justificación – Objeto de la Tesina Final de Máster....Pág.7
 - 1.2. Antecedentes.....Pág.10
- 2. ERROR HUMANO Y MUNDO NUCLEAR**
 - 2.1. Error humano.....Pág.13
 - 2.2. Factor Humano en las centrales nucleares.....Pág.15
 - 2.3. Cultura de Seguridad.....Pág.17
 - 2.4. Riesgos en las centrales nucleares.....Pág.20
 - 2.5. Siniestralidad en el mundo nuclear.....Pág.21
- 3. LEGISLACIÓN**
 - 3.1. Riesgos laborales y error humano.....Pág.33
 - 3.2. Mundo nuclear occidental.....Pág.47
- 4. HISTORIA DEL ERROR HUMANO Y METODOLOGIAS DE APLICACIÓN**
 - 4.1. Metodologías empleadas.....Pág.58
 - 4.2. Central Nuclear de Vandellòs II.....Pág.72
- 5. NECESIDADES**
 - 5.1. Exposición del caso.....Pág.77
- 6. PROCEDIMIENTOS**
 - 6.1. LAI-CNV-DCR-01 Descontaminación de superficies....Pág.79
 - 6.2. LAI-CNV-LEQ-02 Limpieza haz tubularPág.82

6.3.	LAI-CNV.DCR-03 Descontaminación de equipos y herramientas en taller.....	Pág.83
6.4.	PA.307 Gestión de andamios y plataformas de trabajo.....	Pág.84
6.5.	PA-305 <i>Pre-job Briefings, Post-job debrief</i>	Pág.85
7.	METODOLOGIA	
7.1.	Programa Red-Er.....	Pág.87
7.2.	Porque HPL.....	Pág.88
8.	DISEÑO DEL PLAN DE TRABAJO	
8.1.	Esquema de funcionamiento.....	Pág.91
8.2.	Equipo de trabajo.....	Pág.91
8.3.	Primeros trabajos del programa.....	Pág.92
8.4.	Planificación temporal de los trabajos.....	Pág.92
9.	HERRAMIENTAS DESARROLLADAS	
9.1.	Programa Red Er	Pág.95
9.2.	Aplicación de la metodología.....	Pág.102
9.3.	Indicadores.....	Pág.103
9.4.	Registro de Incidencias.....	Pág.103
10.	RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA RED-ER EN VANDELLÒS II	
10.1.	Indicadores primarios o <i>quick wins</i>	Pág.107
10.2.	Lectura de los indicadores.....	Pág.112

11. GESTIÓN DEL ERROR HUMANO

11.1. Retrospectiva.....	Pag.115
11.2. <i>Feedback</i> o retroalimentación.....	Pag.116
11.3. Integración del Programa.....	Pág.118
12. CONCLUSIONES.....	Pag.121
13. BIBLIOGRAFIA.....	Pag.123

1. INTRODUCCIÓ:

1.1. Justificació-Objeto de la Tesina Final de Máster:

Toda industria avanza, es cada vez más compleja, sofisticada y en algunos casos peligrosa por la presión del propio trabajo o por factores que influyen negativamente sobre el ser humano y su psicología; además de que cada vez se exige una especialización continua y una adaptación a las necesidades del mercado.

El error humano está siempre presente en todas las actividades de todos los sectores, su estudio es interesante y muy amplio, sobre todo en el sector nuclear.

La existencia del error humano en el sector nuclear es para todos un foco de peligrosidad importante y que requiere un esfuerzo muy grande mantener la seguridad, para evitar cualquier situación de peligro para la salud humana y el medio ambiente.

Para ello se establecen sistemas de gestión, prevención, formación, mejora continua y demás con el fin de evitar accidentes.

Pero llegamos a una primera conclusión: “Si se cumplen todos los requisitos, se dispone de un sistema de gestión de calidad y prevención y además existe personal formado y competente que controla y dirige los trabajos. ¿Por qué siguen ocurriendo accidentes e incidentes por error humano?”

De este planteamiento es de donde parte el presente trabajo y por el cual estudiaremos la posibilidad de aumentar la efectividad o fiabilidad humana en trabajos con riesgos, propios del sector nuclear y su adaptación.

La presente Tesina Final de Máster trata sobre la creación y evolución de un programa de reducción del error humano en los trabajos de descontaminación y limpieza nuclear en la central nuclear de Vandellòs II.

Esta Tesina Final de Máster es el resultado de un proyecto de colaboración, desarrollado entre la Asociación Nuclear Ascò-Vandellòs (ANAV), la empresa externa que realizará los trabajos de descontaminación y limpieza en la misma (LAINSA) y *Human Performance and Leadership*, Ltd. (HP&L), una importante consultora del Reino Unido especialista en reducción del error humano en sectores como el nuclear, petroquímico, emergencias, etc.

La planta piloto de aplicación del proyecto es la CN Vandellòs II, situada en Tarragona.

La colaboración entre LAINSA y HP&L comenzó a principios del año 2011, con un doble objetivo, por un lado mejorar la cultura de seguridad de la organización y por otro ofrecer de forma conjunta un servicio a empresas externas que busquen una mejora en los resultados en materia de prevención de accidentes y errores humanos, basándose en la propia experiencia.

ANAV demanda un proyecto piloto en el cual se establecen los requisitos previos a los trabajos, como son:

- el cumplimiento de la normativa en el ámbito de Prevención de Riesgos, Sector Nuclear y Sistemas de Calidad de ANAV.
- la formación e información a los trabajadores en materia de seguridad.
- la definición de los procedimientos de trabajos unificando equipo humano y material para su correcta ejecución.
- control del mismo.
- las ordenes de trabajo o la jerarquía de mandos que detallan los protocolos.

Este proyecto se ha abordado con las siguientes bases:

LAINSA y ANAV tienen una larga trayectoria de colaboración y LAINSA dispone de un centro de trabajo en ANAV fruto de esta colaboración en desinfección y limpieza.

En paralelo, LAINSA y HPL disponen del equipo humano necesario para establecer el planteamiento inicial y para su ejecución, además establecen una política de “fallo cero”, la cual se tendrá en cuenta para corregir o matizar aspectos que puedan dar lugar a error.

El grupo de trabajo en el que participé al realizar las prácticas en empresa, se centra en la implantación de programas de cultura de seguridad y reducción del error humano en LAINSA, y en cómo dichos programas tienen un impacto beneficioso en la consecución de los objetivos de seguridad, no sólo para la empresa que implanta el programa, sino también para ANAV.

La Tesina expone el procedimiento de trabajo global diseñado para conseguir la adaptación real de un programa de reducción del error humano y que ha sido realizado por un equipo de trabajo competente y multidisciplinar que será aplicado por primera vez en la central nuclear de Vandellòs II.

Los puntos más importantes que se han considerado en la Tesina Final de Máster y el trabajo de equipo desarrollado en el proyecto son:

- 1- Requisitos demandados por ANAV.
- 2- Plan de trabajo que se va a llevar a cabo.
- 3- Descripción de los trabajos a ejecutar.
- 4- Análisis de las posibles hipótesis de error, carencias y consecuencias.

Como matiz importante hay que añadir que no se modificaran los procedimientos, simplemente se tendrán en cuenta las consecuencias para establecer la metodología del programa.

- 5- Establecimiento del programa mediante las conclusiones extraídas y las herramientas de que se disponen para focalizar el problema e intentar reducirlo. En el mismo se explicara dependiendo del riesgo y de otras variables el proceso a seguir en el programa, el organigrama de trabajo y las mejoras pertinentes.
- 6- Gestión de recursos para el programa y evaluación de su implementación.
- 7- Primeras ganancias de la aplicación del programa.
- 8- Conclusiones finales sobre la aplicación de la metodología y su resultado.

La aportación personal del alumno y objeto de la Tesina Final de Máster, es la de adentrar un tema tan importante como el del Error Humano en uno de

los sectores con más peligrosidad como es el Nuclear. El estudio del Error Humano y la aplicación de metodologías adaptadas en el sector industrial a este concepto es y será de gran utilidad tanto en las centrales nucleares como en las empresas que ofertan trabajos para las mismas, para su efectividad y eficiencia, siempre integrando la seguridad y evitando accidentes, la cual es la finalidad de todo ello.

1.2. Antecedentes

La continua preocupación por la seguridad, el estudio de las diferentes áreas de trabajo donde surgen los riesgos y sus tipos, generan una serie de reflexiones, en cuanto a que los seres humanos somos propensos por naturaleza a cometer errores y que tratar de evitarlos es un esfuerzo considerable.

En un sector como el industrial, tienen lugar accidentes de tipo humano, tanto leves, graves como mortales, donde la empresa los registra a través de un portal para el gobierno (Delt@) y este mismo los transfiere al INE (Instituto Nacional de Estadística), donde se elaboran tablas de consulta para el personal interesado.

No existe todavía una medición estadística de fallo humano en el INE, aunque podemos consultar el número de accidentes de trabajo con baja por situación, sector de actividad y período en industria, dando una visión global de accidentes de cada año y viendo su progresión.

Accidentes de trabajo con baja por situación, sector de actividad y periodo.

Unidades: número de accidentes

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (1)	2009	2010
EN JORNADA LABORAL													
- Industria	237.674	263.919	272.786	265.818	252.548	237.967	244.740	242.336	244.344	245.074	203.557	142.497	130.321

Fig. 1. Fuente: INE (base de datos)

Según los datos de la tabla podemos decir que los accidentes con baja se han reducido considerablemente en este sector, sin embargo, en el mismo se incluyen accidentes leves, graves y mortales, sin distinguir el tipo de accidente y específicamente si es o no causado por el error humano.

Por otra parte y dentro del sector industrial existe una casuística con el mundo nuclear, la cual tampoco esta medida concretamente; se encuentran casos de

error humano muy graves que han dado lugar a investigaciones para tratar de evitar que se vuelvan a repetir y afecten de nuevo no solo al trabajador sino a toda la población.

Esta temática debido al accidente nuclear de Fukushima ha cobrado más importancia en el análisis de los errores que dan lugar a los accidentes y que genera una premisa de seguridad que es necesaria adoptar.

El mundo nuclear ha aprendido y evolucionado a través del análisis de los accidentes y de los errores humanos y/o de equipos, llegando a la conclusión de que el error humano es de los factores más importantes en casos de accidente del Mundo Nuclear.

Es por ello que el tema abordado en esta Tesina Final de Máster está de actualidad y cada vez será más importante.

2. **ERROR HUMANO Y MUNDO NUCLEAR:**

2.1. **Error humano**

¿Que es?-Escuchamos múltiples términos que no tenemos muy claro que son o que quieren decir exactamente como “error humano, fallo humano, fiabilidad humana, etc....”

Según la real academia de la lengua española la palabra “error” es un concepto equivocado, juicio falso o acción inadecuada; entonces cuando hablamos de “error humano” sabemos que alude al comportamiento de las personas y por lo tanto podemos deducir que ese comportamiento excede del límite de tolerancia para la seguridad de un sistema. Para entenderlo mejor, no se alcanza el objetivo deseado, porque ha habido una ejecución incorrecta de un trabajo.

No se debe confundir con accidente, ya que, el accidente no siempre es por un error humano; también pueden ser factores inherentes a él (maquinas, sistemas, carencias, etc....).

¿Por qué se produce?-Este campo es el más difícil o complejo de analizar, ya que, existen miles de factores o causas que hacen que el ser humano pueda cometer un error.

Todo esto lo sabemos por los años de experiencia o por la cantidad de accidentes ocurridos a causa de errores humanos (estadísticas que veremos más adelante), también llamada “siniestralidad laboral”.

Podemos clasificar los errores humanos en causas:

Básicas:

1. **No sabe** hacer las cosas (formación e información)
2. **No quiere** hacer las cosas (motivación)
3. **No puede** hacer las cosas (motivos físicos o psíquicos/ adaptación)

Inmediatas:

1. **Acciones** inseguras (prisas, no autorización, equipo inadecuado, etc.)

2. Condiciones inseguras (pisos mojados, iluminación, ventilación, etc.)

Por otra parte hay 3 puntos importantes en las capacidades psicológicas del ser humano, que influyen a la hora de realizar las acciones que pueden desencadenar el error:

a) *Cognitiva* (atención, concentración, memoria, razonamiento, percepción, comunicación).

b) *Psicomotora* (velocidad de reacción, coordinación psicomotora).

c) *Comportamiento-Personalidad* (autocontrol emocional, fiabilidad, comportamental, responsabilidad, psicopatología, autonomía).

¿Cuáles son sus consecuencias? Pueden ser desde pequeñas hasta catastróficas, pero mejor nos planteamos los posibles riesgos (generales) que se pueden dar por el efecto del error, como pueden ser:

-Daños físicos (individual o colectivo/ enfermedades profesionales/inutilización, muerte, etc.)

-Daños psicológicos (miedos o pérdidas de confianza, traumas, etc.)

-Perjudicar el medio ambiente (contaminación, deterioro, etc.)

¿Cuáles son los logros conseguidos?

Existen tres aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de acometer con éxito la implantación de los programas de cultura de seguridad y reducción del error humano:

- La identificación de las conductas deseadas y no deseadas para aumentar la probabilidad de éxito

- La implicación de la propiedad y de los líderes de la empresa en el programa de intervención acelera eficazmente la consecución de los comportamientos objetivo.

- El mantenimiento de las conductas modificadas se basa en la creación de confianza y el refuerzo continuo durante el programa de intervención.

En el mundo industrial, los accidentes ocurren normalmente y también se dan en el Mundo Nuclear, aunque en menor medida. Todo este estudio del Error

Humano se ha intentado transferir a los procedimientos de trabajo en planta para reducir la accidentabilidad.

2.2. Factor humano en las centrales nucleares

El funcionamiento correcto de las instalaciones requiere prestar la debida atención a las personas y a la organización. De acuerdo con este principio, las centrales desarrollan programas encaminados a mantener su capacidad técnica y organizativa, mejorar la organización y los factores humanos y fomentar la cultura de seguridad.

Con objeto de alcanzar y mantener un alto nivel de competencia de todo el personal en el desarrollo de sus funciones, las centrales nucleares desarrollan planes de formación y entrenamiento anuales que se envían al CSN y que cumplen los requisitos establecidos en el Reglamento de Funcionamiento con el fin de:

- Asegurar el nivel de conocimientos y habilidades adecuado para las funciones de los respectivos puestos de trabajo.
- Mantener y actualizar las capacidades necesarias para ejecutar tanto las actividades rutinarias como las requeridas por los cambios en la instalación.
- Mantener la cualificación y el entrenamiento del personal para responder a posibles emergencias.
- Reforzar el aprendizaje en las lecciones derivadas de la experiencia operativa propia y ajena para prevenir errores.

Dentro del alcance de estos Planes se incluyen no solo aspectos relacionados con la seguridad sino también aspectos relacionados con la prevención de riesgos laborales.

A título orientativo, se puede indicar que el número de horas de formación anuales dedicadas por cada central y año es del orden de 25.000 (5% del total de horas laborables).

En el ámbito internacional la normativa sobre aspectos relacionados con el impacto de la organización en la seguridad está en vías de desarrollo. Las centrales españolas han presentado al CSN un informe sobre las capacidades y

dotaciones mínimas de la organización para llevar a cabo las funciones que tiene encomendadas. Adicionalmente y con carácter anual se envía un informe justificando los cambios organizativos que pudieran afectar a las funciones de seguridad y capacidades técnicas establecidas.

Las Centrales Nucleares han desarrollado programas de organización y factores humanos, cuyos objetivos principales son lograr que:

- Exista una actitud proactiva para evitar o minimizar en la medida de lo posible que los factores organizativos influyan negativamente en la seguridad y eficiencia de la planta.
- La organización analice los problemas que surgen como consecuencia de actitudes y comportamientos del personal o de la organización, determinando y realizando las acciones correctivas necesarias para evitar su repetición.
- Las tareas y actividades del personal se realicen cumpliendo criterios apropiados de calidad.
- El diseño de los equipos y sistemas, así como las modificaciones de los mismos y sus interfases, se desarrolle minimizando la posibilidad de error.

Los proyectos y actividades establecidos en el programa de organización y factores humanos, se centran en las siguientes áreas de actuación:

- Eficiencia de la organización

Incluye actividades tales como planes de mejora continua y trabajo en equipo; comunicación e información interna y externa; organización de las paradas de recarga; indicadores; planes estratégicos; evaluación de cambios organizativos con impacto en la seguridad; proyectos de I+D en organización y factores humanos; etc.

- Actuación humana

Incluye actividades de interfase hombre-máquina; simuladores; condiciones de trabajo; diseño, mejora y trabajo con procedimientos; herramientas de prevención de errores; etc.

- Autoevaluación y gestión del conocimiento

Incluye actividades de comparación y buenas prácticas; tratamiento de la experiencia operativa; programas de evaluación y autoevaluación; aprendizaje organizativo.

- Cultura de seguridad Este área de actuación, si bien ha sido objeto del desarrollo de numerosas actividades en los últimos años incluyendo planes de desarrollo de Recursos Humanos (RR.HH.), evaluaciones, etc, por su importancia cada vez más reconocida ha sido objeto recientemente de requisitos específicos por parte del CSN, por lo que se tratará de forma separada en el apartado siguiente.

En resumen, las Centrales Nucleares españolas dedican un porcentaje significativo de recursos a garantizar que se analizan adecuadamente todos los aspectos relacionados con el impacto de la actuación humana en la seguridad, y se establecen las acciones necesarias para corregir o mejorar cuando procedan las situaciones identificadas.

2.3. Cultura de seguridad en Centrales Nucleares.

Con el fin de minimizar los sucesos que pueden ocurrir en las centrales que tengan como causa factores humanos y organizativos, los individuos, más allá del cumplimiento con los procedimientos definidos, deben actuar de acuerdo con una “cultura de seguridad” que permita garantizar una atención focalizada hacia la seguridad por parte de las organizaciones y de las personas.

El OIEA (INSAG-4) define la cultura de seguridad de la siguiente forma: “El conjunto de características y actitudes en organizaciones e individuos que aseguran que, como prioridad esencial, las cuestiones de seguridad de las centrales nucleares reciben la atención que merecen en razón de su importancia”.

En España todas las centrales nucleares tienen establecidos programas para reforzar la cultura de seguridad y verificar los comportamientos asociados a ella, realizando evaluaciones internas, que se contrastan con evaluaciones llevadas a cabo por organizaciones externas independientes a la propia central.

Los programas de cultura de seguridad continuarán evolucionando de acuerdo con los nuevos avances metodológicos y en su caso normativo, a nivel nacional e internacional.

La **seguridad operativa** guía cada una de las actividades realizadas en la central, tales como la operación, el mantenimiento, las inspecciones y vigilancia de la instalación, el contenido y aplicación de los procedimientos y de las especificaciones técnicas de funcionamiento, la protección radiológica y el entrenamiento del personal.

Los programas de **Cultura de Seguridad**, así como del factor humano y su comportamiento refuerzan las prácticas y las actitudes de la organización y de sus empleados, asegurando que la seguridad recibe la atención prioritaria que merece. Existen unas características y atributos de la cultura de seguridad importantes a tener en cuenta y que se corresponden entre ANAV y LAINSA, como son:

- La seguridad es un valor reconocido
- Responsabilidades claras
- Seguridad integrada en toda actividad
- Liderazgo claro
- Aprendizaje

La Agencia Internacional de la Energía Atómica (IAEA) afirma que “la cultura en seguridad es una unión de las características y atributos de las organizaciones e individuos que establece, como prioridad absoluta, que los temas relacionados con la seguridad en una central nuclear reciben la atención necesaria debido a su relevancia”.

En algunos casos, las empresas contratistas no tienen acceso a los mismos estándares de rendimiento humano ni a los mismos estándares de la industria nuclear que la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO), o la IAEA, así como a otros estándares que definen las características de una adecuada cultura en seguridad.

Los Organismos Reguladores revisan continuamente la seguridad de las instalaciones nucleares con el objetivo de minimizar los riesgos asociados a la construcción, operación y desmantelamiento de estas instalaciones. Está demostrado que aquellas organizaciones que han creado una cultura de seguridad fuerte, tienen menor riesgo asociado que aquellas que no lo hacen. Esto mismo es extensible para una empresa contratista. Cuando una instalación nuclear cuenta con un conjunto de contratistas con una cultura de seguridad fuerte, contrastada y compatible con la suya, existe menor probabilidad, para todos, de enfrentarse a situaciones de riesgo.

La cultura en seguridad es una característica intrínseca de la organización y debe basarse en dos aspectos, que exista información de los sucesos que ocurren y que ésta sea accesible, y en la confianza entre el departamento de dirección/gestión y los trabajadores.

En la figura 2 se muestra el Modelo de Hudson para explicar la evolución de la cultura de seguridad dentro de una organización. Este modelo se basa en la confianza y en disponer de información. Como se observa en dicha figura, el modelo tiene cinco niveles que van desde la ignorancia de la cultura en seguridad hasta considerarla un valor clave dentro de la organización.

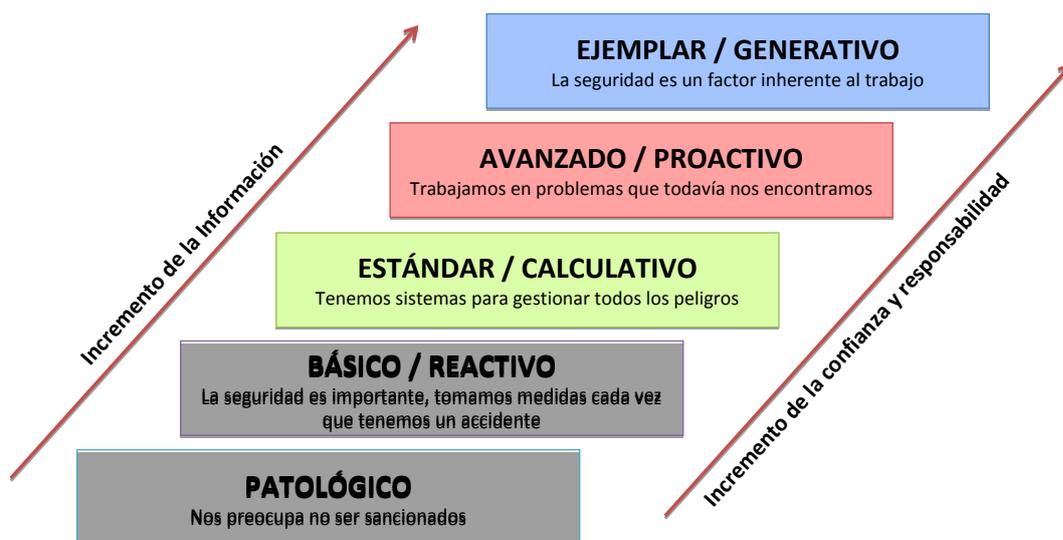


Fig.2. Modelo de Hudson para explicar la evolución de la cultura de seguridad dentro de una organización.

2.4. Riesgos en Centrales Nucleares

A continuació se mostra una matriz de riesgos extraida del programa de preparaci3n en planta de la Central Nuclear de Cofrentes por parte de la empresa Iberdrola, donde se indican los riesgos mas genéricos dentro de una central nuclear:

Instalaci3n	Riesgos Generales de la Instalaci3n	Instalaci3n	Riesgos Generales de la Instalaci3n
1 Edificio Calderas	1, 2, 5, 10, 11, 15, 21, 27	14 Presa	1, 2, 5
2 Edificios turbinas, calent. y filtros electromagnéticos	1, 2, 5, 10, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23	15 Canal y tuberías forzadas	1, 2, 4, 5, 11, 17
3 Laboratorios	1, 5, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 23, 27	16 Sala de control	1, 5, 12, 16
4 Planta tratamiento de agua	1, 2, 5, 11, 27	17 Parques eléctricos	1, 5, 12, 13, 15, 16
5 Sistema agua de circulaci3n y residuales	1, 2, 5, 17	18 Galerías de cables	1, 2, 5, 17, 25, 26, 28
6 Chimenea y torres refrigeraci3n	1, 2, 4, 5, 17, 20	19 Centros de transformaci3n de superficie	1, 2, 5, 12, 13, 16, 26
7 Dep3sitos de combustible y bombeo	1, 2, 5, 15, 16, 17	20 Oficinas	1, 2, 5, 16
8 Recinto de contenci3n y salvaguardias	1, 2, 5, 10, 17, 20, 23, 26	21 Talleres	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 21, 25
9 Edificio de combustible nuclear	1, 2, 5, 6, 23	22 Almacenes convencionales	1, 2, 3, 4, 5, 6, 16
10 Edificio auxiliar y tratamiento de gases	1, 2, 5, 10, 15, 16, 20, 21, 23, 27	23 Almacenes de productos inflamables	1, 2, 3, 4, 5, 15, 16, 25
11 Sala o edificio eléctricos	1, 5, 11, 12, 13, 16, 26	24 Almacenes de productos químicos	1, 2, 3, 4, 5, 11, 15, 16, 25, 27
12 Almacén residuos radiactivos	1, 2, 4, 5, 6, 8, 20, 23	25 Garages y aparcamientos	1, 2, 5, 6, 16, 25
13 Zonas de tránsito rodado	1, 6	26 Diesel	1, 5, 7, 10, 12, 13, 16, 21, 25
		27 Sala de Baterías	1, 5, 11, 12, 13, 15, 16, 25
		28 Cocina y comedores	1, 2, 5, 10, 16, 28
		29 Sala ordenadores	1, 2, 5, 16

CLAVES			
Riesgos de Seguridad			
1 Caída de personas al mismo nivel	6 Maquin. y vehíc. (dentro del centro)	11 Contactos químicos	16 Incendios
2 Caída de personas a distinto nivel	7 Atropamientos	12 Contactos eléctricos	17 Confinamiento
3 Caída de objetos	8 Cortes	13 Arco eléctrico	18 Tráfico (fuera del centro)
4 Desprendimientos, desplome y derrum.	9 Proyecciones	14 Sobreesfuerzos	19 Agresi3n de animales
5 Choques y golpes	10 Contactos térmicos	15 Explosiones	
Riesgos de Higiene Industrial			
20 Sobrecarga térmica	23 Radiaciones ionizantes	26 Iluminaci3n	
21 Ruido	24 Radiaciones no ionizantes	27 Agentes químicos	
22 Vibraciones	25 Ventilaci3n	28 Agentes biológicos	
Factores Ergonómicos			
29 Carga física	31 Condiciones Ambientales del puesto de trabajo		
30 Carga mental	32 Configuraci3n del puesto de trabajo		

Fig.3. Matriz de riesgos Central Nuclear de Cofrentes

Destacamos que en cualquier parte de las instalaciones de una central nuclear existen riesgos y que además los riesgos de seguridad e higiene industrial son los que más se repiten y mayor peligrosidad tiene.

También es necesario hacer referencia a los límites de seguridad de irradiación.

Los límites de dosis actualmente vigentes en España se recogen en el “Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes” (RD 783/2001, de 6 de Julio de 2001. B.O.E. nº 178, 26 de Julio de 2001).

Se establecen límites de dosis anuales para el público y para trabajadores que puedan estar expuestos profesionalmente. También se diferencia entre la dosis que pueda recibir el cuerpo entero y la que pudiera recibir algún órgano en concreto.

El límite de dosis efectiva para los miembros del público será de 1 Mili Sievert (mSv) por año oficial. El límite de dosis efectiva para trabajadores expertos será de 100 mSv durante todo el período consecutivo de cinco años oficiales, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial.

Ninguno de estos valores incluye las dosis recibidas a causa de la radiactividad natural ni tampoco la recibida como consecuencia de exámenes a tratamientos médicos.

2.5. Siniestralidad en el Mundo Nuclear

Dirigiéndonos al CSN (Consejo de Seguridad Nuclear) no se disponen de estadísticas actuales y concretas de la siniestralidad en el mundo nuclear, sin embargo, existe una clasificación de accidentes, que miden la gravedad de la misma.

A continuación veremos la escala internacional de eventos nucleares, la cual está diseñada por expertos de diferentes países, bajo el patrocinio del OIEA (Organismo Internacional de la Energía Atómica de las Naciones Unidas) y la NEA/OCDE (agencia de Energía Nuclear/Organización para la Cooperación y el Desarrollo). Está pensada como un medio para la pronta información al público,

en sus justos términos, sobre la importancia de los sucesos que ocurran en las centrales nucleares.

El Consejo de Seguridad Nuclear ha implantado, a partir del 1 de octubre de 1990, el uso obligado de esta escala para clasificar todos los sucesos ocurridos en las centrales nucleares españolas.

Consiste en:

Los sucesos de nivel 1 - 3, sin consecuencia significativa sobre las poblaciones y el medio ambiente, se califican de incidentes, los superiores (4 a 7), de accidentes. El último nivel corresponde a un accidente cuya gravedad es comparable al ocurrido el 26 de abril de 1986 en la central de Chernóbil. Ahora hay que añadir el de Fukushima también de nivel 7 desgraciadamente.



Fig. 4. Escala Internacional de Eventos Nucleares (INES)

Considerando la tabla y contabilizamos los registros por encima del nivel 4, tenemos los siguientes accidentes:

1- 1957, Mayak (Rusia), Magnitud 6.

2- 1957, Windscale (Gran Bretaña), magnitud 5.

3- 1979, Three Mile Island (EE.UU.), magnitud 5.

4- 1986, Chernóbil (Ucrania), magnitud 7.

5- 1987, Accidente radiológico Goiania (Brasil), magnitud 5.

6- 1999, Tokaimura (Japón), magnitud 4.

7- 2011, Fukushima (Japón), magnitud 7. El accidente en los núcleos de los reactores 2 y 3, magnitud escala 3 en las piscinas de la unidad 4. Sumando vemos que tenemos: siete accidentes nucleares por encima del nivel 4 que afectaron a un total de ocho instalaciones, y tres instalaciones fueron de nivel cinco.

El número total de centrales nucleares operativas en el mundo es de 442 repartidas en 29 países, excluyendo los reactores nucleares de propulsión de los submarinos cuyos accidentes tampoco se han considerado, ya que por motivos estratégicos no se reportan regularmente.

La simple estadística nos lleva a: 442 instalaciones, 8 instalaciones con un accidente mayor que 4 en la escala significa un 1,8 % donde 3 instalaciones se clasificaron como nivel 7, un 0,68%. Si consideramos Japón, con sus 55 centrales nucleares, y dos plantas clasificadas con nivel 7, la probabilidad de un accidente mayor que 4 ¿Puede ser del 3,63%? El periodo es de 57 años, pero vemos en la lista que los accidentes más graves se han producido en los últimos 25 años. Esto puede ser una fluctuación estadística pero también habría que considerar que las instalaciones estaban al final de su vida útil. Las cifras y hechos nos indican que en 25 años ha habido 3 instalaciones que han generado un accidente de nivel 7, bien por errores humanos y fallos de diseño y escasas medidas de contención como Chernóbil, o por un diseño no adecuado al riesgo sísmico ni al nivel de tsunami o modificaciones de diseño, como ha sido el caso de sobrecargar las piscinas de combustible gastado, no acorde con las especificaciones de seguridad originales, según lo visto en Fukushima, y todos estos hechos son los que han agravado el accidente en dos plantas.

Respecto a la probabilidad vemos que los rangos, con todas las consideraciones que puedan hacerse al cálculo, de 1,8% o 0,68% en el caso de accidentes de

nivel 7 nos llevan dada la cantidad de instalaciones, 442, a accidentes reales y posibles que pueden ocurrir en el periodo de vida una persona de unos 40 años o menos. No es por tanto un valor estadísticamente despreciable.

Cronología de accidentes:

El error humano está siempre presente en todos los sectores de trabajo, sin embargo, hay una necesidad de recalcarlo en el sector nuclear, ya que, un error conlleva a un incidente o accidente y estos a unas consecuencias que pueden tener mayor o menor gravedad dependiendo del tipo de error y sector al que pertenezca

Para entenderlo mejor:

Si estamos en una cocina y dejamos un paño en la plancha sin darnos cuenta, puede producirse un pequeño incendio, el cual acarrea consecuencias, daños en la cocina o quemaduras en las personas, en un caso extremo. La valoración sería negativa puesto que ha habido daños y desperfectos.

Pero en el caso de dejar un paño en un reactor, bobina o fuente de radiación nuclear, puede ocasionar daños mucho más graves y mucho más peligrosos tanto en maquinaria como en personas. La valoración es mucho más negativa puesto que pueden haber una cantidad de personas expuestas mayor que en la cocina y además la maquinaria es más compleja y cara.

A pesar a veces de que se intenta mantener la política de fallo 0 en el sector nuclear, a lo largo de la historia de esta energía han existido siniestros con mayor o menor fortuna, aunque dos de ellos han tenido especiales consecuencias.

Se trata de los accidentes:

- De 1940 a 1945.

En el **Proyecto Manhattan**: No se tiene documentación de la cantidad de accidentes que sucedieron.

*7 de octubre de 1957 --

Un incendio destruye el núcleo de un reactor productor de plutonio en el complejo británico de *Windscale*, luego renombrado como *Sellafield*.

*1957-1958 --

Un serio accidente ocurre cerca del pueblo de *Kyshtym* en los Urales. Un científico ruso, el primero en reportar el desastre, estima que cientos de personas murieron de enfermedades relacionadas con la radiación.

*Enero de 1961 --

Tres técnicos mueren en la planta estadounidense de Idaho Falls en un accidente en un reactor experimental.

*1965 --

La Comisión de Energía Atómica de Estados Unidos deliberadamente produce una nube radioactiva de baja intensidad desde un reactor nuclear en Los Ángeles.

*Octubre de 1966 --

El núcleo de un reactor experimental reactor cerca de Detroit se funde parcialmente cuando un sistema de enfriamiento de sodio falla.

*Octubre de 1969 --

En Saint-Laurent, Francia, un error en la carga de combustible produce una fusión parcial en un reactor de energía enfriado a gas.

*Diciembre de 1975 --

El error de un electricista inicia un incendio en la planta nuclear de Lubmin, ubicada en la entonces Alemania Oriental. Algunos reportes dicen que estuvo a punto de producirse una fusión en el núcleo del reactor.

- Marzo de 1979 --

El peor accidente nuclear en América ocurre en la planta de *ThreeMile Island*, cerca de Harrisburg, Pennsylvania. Una fusión parcial de uno de los reactores libera gas radioactivo a la atmósfera.

Central Nuclear de *ThreeMile Island* (Pennsylvania) en 1979, por efecto de un error humano, se liberaron productos radiactivos del núcleo del reactor, aunque sólo una parte de ellos salieron al exterior; sin embargo, los daños materiales fueron cuantiosos.

Este accidente fue el punto de partida para el establecimiento en todo los Estados Unidos de un buen número de normas y legislaciones, tendentes a la seguridad de funcionamiento y construcción de centrales nucleares.

Las estrictas exigencias de estas normas en lo que se refiere a los costes de su puesta en práctica, llevaron incluso a varias compañías a abandonar sus proyectos.

- Agosto de 1979

Se libera uranio de una planta de energía nuclear ultra secreta en Tennessee. Cerca de 1.000 personas son contaminadas con hasta cinco veces un nivel de radiación normal.

- Noviembre de 1983

La planta británica de *Sellafield* accidentalmente libera desechos radiactivos en el Mar de Irlanda, lo que lleva a los ambientalistas a exigir su clausura.

- Agosto de 1985

Una explosión destruye las instalaciones de reparaciones de Shkotovo-22 que sirven a las naves de la armada soviética que funcionan con energía atómica. Diez personas mueren y muchos más fallecen luego por la exposición a la radioactividad.

- Abril de 1986

En el peor accidente nuclear del mundo, una explosión e incendio en la planta nuclear de Chernobyl libera radiación sobre gran parte de Europa. Treinta y un personas mueren en los primeros días. Cientos de miles son evacuados y una cantidad similar sufre los efectos de la radiación.

El reactor número cuatro de la central nuclear Chernobyl explotó.

El accidente en la planta, situada en lo que en ese entonces era la república soviética de Ucrania.

Liberó una nube de polvo radiactivo sobre gran parte de Europa y se convirtió en el peor de su tipo que el mundo haya visto.

La siguiente es una cronología de los mayores accidentes en plantas nucleares de los últimos 50 años.

Central de Chernobyl (Ucraniana, antigua Unión Soviética) en el 28 de abril de 1986, esta vez de graves consecuencias y que significó el inicio de una nueva etapa en la historia de la contaminación, la del "riesgo tecnológico a escala mundial".

La noticia saltó a los medios de información a partir de una advertencia procedente de Suecia, según la cual se registraba un fuerte aumento de la radiactividad ambiental que debía atribuirse, dada la situación meteorológica reinante, a un posible accidente en la central nuclear soviética de Chernobyl, a 1500 Km. de distancia.

La noticia fue confirmada por las autoridades soviéticas y la opinión mundial se enteró, con sobresalto, que tres días antes se había producido el peor accidente nuclear de la historia, en la citada central, que se encontraba a 120 Km. al norte de la capital de Ucrania, Kiev, ciudad con una población de dos millones y medio de habitantes.

Como resultado de una serie de actividades humanas que no seguían las normas autorizadas, uno de los cuatro reactores de la central explotó y comenzó a arder.

Se alcanzaron temperaturas de 1.500° C., y se generó una nube radiactiva que llegó a soltar su temida carga en los países nórdicos, que fueron los primeros en dar la voz de alarma.

Meses después, tras las contradicciones iniciales sobre el alcance real del accidente, se reconocieron 31 víctimas mortales y se emitieron informes que preveían hasta el año 2050 unos 5000 casos de cáncer, todos ellos directamente provocados por el accidente.

El accidente de Chernobyl demostró de manera incuestionable que la teoría del "riesgo mayor" (conocida en Gran Bretaña con la denominación *majorhazrds*, para indicar aquellos riesgos tecnológicos susceptibles de afectar más allá de los límites de las instalaciones industriales) tomaba, en la década de 1980, una dimensión internacional que sobrepasaba el marco político de las fronteras de cualquier estado soberano.

- Noviembre de 1992

En el más grave accidente nuclear de Francia, tres obreros son contaminados luego de entrar a un acelerador de partículas en Forbach sin ropas de protección.

- Noviembre de 1995

Se produce una seria contaminación radioactiva en Chernobyl, cuando se remueve combustible de uno de los reactores.

- Septiembre de 1999

Dos trabajadores mueren en una planta procesadora de uranio en Tokaimura, a 140 kilómetros al noreste de Tokio, y cientos son expuestos a la radiación luego

de que trabajadores desencadenaron una incontrolable reacción en cadena al usar baldes para mezclar combustible nuclear en un recipiente mayor.

- Agosto del 2004

La filtración de agua caliente y vapor de una tubería rota en el reactor número tres de la central eléctrica de Kansai ocasiona la muerte a cinco trabajadores en el peor accidente nuclear registrado en Japón.

Con respecto a Vandellòs II hubo una rotura de tubería en el tren B del sistema de agua de servicios esenciales.

El día 25 de agosto de 2004, con la central al 100% de potencia nuclear, se produjo la rotura de una boca de hombre de acceso a la línea del tren B del sistema de agua de servicios esenciales de dicho sistema. El CSN clasificó el suceso como Nivel 2 en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (INES) debido a su relevancia para la seguridad.

3. LEGISLACIÓ:

La prevenció de los riesgos laborales en su sentido más estricto ha sido uno de los objetivos más difíciles de alcanzar a lo largo de la historia. Así, el desarrollo de una actividad sistemática que tienda a perfeccionarse hasta el punto de minimizar la posibilidad de accidentes laborales, pérdidas materiales o enfermedades profesionales derivadas de un ambiente desfavorable, debe ser el principal objetivo de la prevención de riesgos laborales. Es, por tanto, una decisión de gestión que debe prevalecer en cualquier actividad en la cultura de la organización.

Sin embargo, si bien es cierto que ha habido un cambio de mentalidad en lo que a seguridad e higiene se refiere, no es menos cierto que la idea de que la seguridad se paga a sí misma es un concepto que todavía no se ha establecido en todos los niveles de la organización empresarial. Existen todavía hoy aquellos que piensan que una inversión en seguridad elevada y una planificación estructurada de actividades no evita más accidentes limitándose a disponer aquellos elementos de seguridad mínimos marcados por la ley.

En este capítulo tenemos que diferenciar 2 partes distintas:

1º El “Error humano”: que dispone de una legislación que le aplica dentro de la prevención de riesgos laborales (genérica).

2º El “mundo nuclear occidental”: que dispone de una legislación más específica tanto nacional como internacional.

En cada una de las partes existen unos organismos oficiales y una legislación aplicable, por lo que vamos a conocer una selección de los organismos más importantes de cada uno y estableceremos una jerarquía de normas que se relacionan con el objeto de la tesina y que son necesarias comentar para extraer conclusiones que servirán para explicar los conceptos posteriores a este capítulo.

Lo entenderemos mejor con un esquema visual:

3.1 Riesgos laborales/Error humano:

⇒ 3.1.1. Organismos:

- Agencia Europea de seguridad y salud
- INSHT (Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo)

⇒ 3.1.2. Legislación Riesgos laborales:

- Ley 31/95 de Prevención de riesgos laborales

Notas técnicas de prevención:

- NTP360: Fiabilidad humana conceptos básicos.
- NTP377: Fiabilidad humana métodos.
- NTP401: Fiabilidad Humana métodos de cuantificación.
- NTP405: Factor humano y siniestralidad aspectos sociales
- NTP415: Actos inseguros en el trabajo guía de intervención.
- NTP 619-620-621: Fiabilidad humana evaluación del error humano.

3.2Mundo nuclear Occidental:

→ 3.2.1. Organismos:

- OIEA (Organismo internacional de la Energía Atómica)
- NRC (Comisión reguladora nuclear de EEUU)
- EURATOM (Comunidad europea de la energía atómica)
- CSN (Consejo de Seguridad Nuclear)

→ 3.2.2. Legislación mundo nuclear:

- Pirámide normativa
- Evaluación del análisis probabilista de seguridad de la central nuclear de Vandellòs II
- IS26: Requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares.
- IS19: Requisitos del sistema de gestión de las instalaciones nucleares.

3.1. Riesgos laborales/Error humano:

3.1.1. Organismos

- **Agencia Europea de seguridad y salud**, sita en Bilbao (España), ha sido creada por la Unión Europea, en 1996, para servir a las necesidades de información de los ciudadanos europeos interesados en la materia. Su misión consiste en lograr unos lugares de trabajo más seguros, saludables y productivos en Europa. Para ello, cuentan con personal especializado en seguridad y salud en el trabajo (SST) y, asimismo, con especialistas en los ámbitos de la comunicación y la administración. La Agencia es una organización tripartita, lo que significa que coopera con los gobiernos, los empresarios y los representantes de los trabajadores.



Fig. 5. Icono Agencia Europea para la Seguridad y Salud.

- **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**, tiene la misión de promocionar y apoyar la mejora de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, dando así cumplimiento a las funciones que nos encomienda la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y la Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (2007-2012).

El Servicio Social, que desaparece por el Decreto 36/1978 de 16 de noviembre y sus funciones son asumidas por el nuevo organismo que se crea por este Decreto, el INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, que se reorganiza posteriormente por el Real Decreto 577/1982 de 17 de marzo, y que en el momento actual se define y estructura en base a lo dispuesto en el artículo 8 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Ley 31/1995 de 8 de noviembre, BOE nº 269 de 10 de noviembre.



Fig.6. Icono INSHT.

3.1.2. Legislación riesgos laborales

- **LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269 10-11-1995**

Es la ley de referencia y en la cual nos basamos en la tesina.

Es el tronco principal de la normativa preventiva española. Aplica a todas aquellas empresas que dispongan de trabajadores por cuenta ajena y regula las principales obligaciones de empresas y trabajadores.

Desarrolla aspectos como:

- Derechos y obligaciones.
- Información, consulta y participación.
- Formación.
- Medidas de emergencia.
- Vigilancia de la salud.
- Protección de menores, maternidad, trabajadores temporales, etc.

Vamos a comentarla y a sacar conclusiones que nos ayudaran a entender otros conceptos venideros.

CAPÍTULO III Derechos y obligaciones

Artículo 14: Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

“3- El empresario deberá cumplir las obligaciones establecidas en la normativa sobre prevención de riesgos laborales.”

“4-Las obligaciones de los trabajadores establecidas en esta Ley, la atribución de funciones en materia de protección y prevención a trabajadores o servicios de la empresa y el recurso al concierto con entidades especializadas para el desarrollo de actividades de prevención complementarán las acciones del empresario, sin que por ello le eximan del cumplimiento de su deber en esta materia, sin perjuicio de las acciones que pueda ejercitar, en su caso, contra cualquier otra persona.”

⇒ *Estos 2 puntos reflejan los requisitos imprescindibles y la importancia de la cultura de seguridad de una empresa.*

Artículo 15: Principios de la acción preventiva

⇒ *Dentro de este artículo encontramos las medidas que debe aplicar el empresario, en este caso algunas tienen mayor relevancia en el error humano:*

“Adaptar el trabajo a la persona”

⇒ *En nuestro caso no es posible adaptar el puesto de trabajo por lo que tenemos que adaptarnos nosotros a las condiciones del mismo y eso condiciona los procedimientos.*

“Tener en cuenta la evolución técnica”

⇒ *Cuanto más evoluciona una industria, más riesgos surgen y más especialización requiere para los trabajadores.*

“Dar las debidas instrucciones a los trabajadores”

⇒ *La formación e información es elemental para que la metodología tenga efectividad, ya que se enfoca a las personas y no a los métodos.*

⇒ *Este punto y el anterior lo atribuimos al “Artículo 19: Formación de los trabajadores”*

“La efectividad de las medidas preventivas deberá prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador. Para su adopción se tendrán en cuenta los riesgos adicionales que pudieran implicar determinadas medidas preventivas, las cuales sólo podrán adoptarse cuando la magnitud de dichos riesgos sea substancialmente inferior a la de los que se pretende controlar y no existan alternativas más seguras”

⇒ *Este apartado es el que reafirma la convicción de los métodos y nos introduce al concepto de fiabilidad humana y cultura de seguridad.*

Artículo 21: Riesgo grave e inminente

“Disponer lo necesario para que el trabajador que no pudiera ponerse en contacto con su superior jerárquico, ante una situación de peligro grave e inminente para su seguridad, la de otros trabajadores o la de terceros a la empresa, esté en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los

medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro”

⇒ *La metodología, dispone de una cadena de mando y unas especificaciones sobre lo que se debe hacer en caso de emergencia.*

Artículo 29: Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

“No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar”

“Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores”

⇒ *Aquí juega un importante papel la cultura de seguridad y la política de fallo 0, ya que el personal es la que tiene que hacerla valer.*

- **NTP 360: Fiabilidad humana: conceptos básicos**

En esta N.T. P. se presentan los conceptos básicos y los aspectos que hacen referencia al factor humano en el sistema socio-técnico y que habrían de considerarse cuando se diseña un sistema, se evalúa su fiabilidad y se estudian las causas de los accidentes.

De la cual extraemos el ejemplo del modelo de Rasmussen : En lo que concierne a los modelos generales uno de los más utilizados es el de Rasmussen, quien

distingue ocho etapas en el proceso de tratamiento de la información y toma de decisiones.

También diferencia tres niveles de funcionamiento de la persona, según base su actividad en automatismos, reglas o procedimientos y conocimientos. Dichos niveles corresponden a grados decrecientes de familiaridad con el entorno y la tarea.

Los saltos entre diferentes etapas de tratamiento son posibles: cuando una persona tiene un comportamiento basado en automatismos pasará de las etapas de "activación y observación" a la de "ejecución"; cuando tiene un comportamiento basado en las reglas y procedimientos, el salto hacia la "ejecución" se hará desde la etapa de "identificación" y por último, cuando el comportamiento se basa en los conocimientos, la persona recorre las ocho etapas mencionadas.

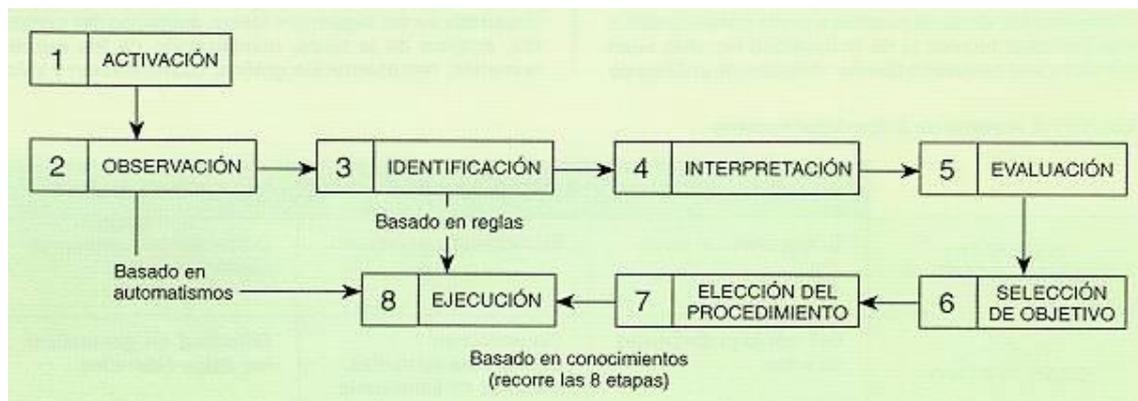


Fig.7. Etapas de tratamiento de información y toma de decisiones y niveles de funcionamiento de la persona

La ventaja de este modelo cognitivo de Rasmussen es que conjuga la identificación del origen funcional del error (etapa de tratamiento) con el nivel de funcionamiento implicado (basado bien en conocimientos, en reglas, o automático) y así, permite reparar los errores por etapas de tratamiento; además, la especificidad de algunos errores permite proponer medidas de prevención adaptadas al nivel de funcionamiento de la persona.

Otro modelo es el propuesto por Norman, que distingue dos tipos de errores: los slips (deslices) y los *mistakes* (equivocaciones).

Los slips conciernen a la ejecución de una acción que no es la que uno se proponía realizar. Pueden suceder cuando un esquema de acción sufre un defecto de activación o un defecto en su desarrollo. Así, una activación defectuosa de un esquema puede corresponder a:

- Una activación no intencional.
- Un error de captación de atención.
- Una activación asociativa.
- Una pérdida o falta de activación.
- En los errores derivados de un defecto en el desarrollo de los esquemas de acción activados, se encontrará:
 - Una inversión de los componentes del esquema.
 - Una combinación de los componentes de dos esquemas.
 - Un desencadenamiento prematuro.
 - Un defecto en el desencadenamiento.

Los *mistakes* corresponden a errores en la formación de la intención y/o en la determinación de objetivos. Son acciones realizadas como se proponían, cuyos efectos inmediatos o en una etapa posterior no están en concordancia con el logro del objetivo que pretendía la persona.

En el momento de realizar el análisis de una situación es importante distinguir el tipo de error . Los errores llamados slips, son relativamente fáciles de tratar porque no reflejan intenciones inadecuadas. Sin embargo, cuando los errores ocurren por malentendidos (mala comprensión), *mistakes*, el usuario puede necesitar una explicación antes de aceptar la conclusión de que su elección fue errónea.

Se puede considerar que las clasificaciones propuestas por Rasmussen y Norman son un buen referente para trabajar en el análisis de la fiabilidad humana y, de hecho, son las más utilizadas.

➡ Esta NTP nos da a conocer las fases del diseño de un modelo de reducción

- **NTP 377: Fiabilidad humana: métodos**

“En esta Nota Técnica se presentan dos técnicas que se emplean para el análisis de la fiabilidad humana, el modelo y las hipótesis subyacentes a cada una, así como referencias bibliográficas que permitan un conocimiento más exhaustivo de las mismas.

El primer método presentado es el THERP:

Es, probablemente, el medio más conocido y más utilizado para suministrar datos sobre la fiabilidad humana a los estudios de evaluación de probabilidades de riesgos. Sus procedimientos y su principio se describen en las 300 páginas del *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications* (Swain A. D. y Guttman H.E., 1983), así como en numerosas publicaciones.

La técnica THERP es una de las más antiguas, sus orígenes se remontan al principio de los años sesenta y, en el manual actual, su principal artífice, Alain Swain, se esfuerza en comunicar sus treinta años de experiencia a las nuevas generaciones de analistas de la fiabilidad humana. Quizá por su gran utilización y por la eficacia de su difusión es por lo que también ha recibido más críticas que otros métodos de análisis de fiabilidad humana. Sin embargo, está considerada como «probablemente la mejor de las técnicas actualmente disponibles» y se encuadra entre los métodos predictivos y cuantitativos de análisis de fiabilidad humana.

El objetivo de la THERP es «predecir las probabilidades de error humano y evaluar el deterioro de un sistema individuo-máquina causado por los errores humanos (tomados aisladamente o en relación con el funcionamiento de los equipos técnicos), por los procedimientos o las prácticas de ejecución, así como por las otras características del sistema o de la persona que influyen en el comportamiento del mismo» (Swain&Guttman, 1983).

La hipòtesis de base de la THERP (como es el caso de la mayoría de las aproximaciones de la evaluación de fiabilidad humana que proceden por descomposición) es que se pueden considerar las acciones de la persona desde el mismo punto de vista que el buen o mal funcionamiento de una bomba o una válvula. Considera a la persona como fuente de fallos y, así, la fiabilidad humana puede evaluarse de la misma manera que la de un dispositivo técnico. Las tareas de la persona se descomponen en actividades elementales de las cuales se puede evaluar la fiabilidad de forma más o menos tradicional, con algunos ajustes ligados a la mayor variabilidad y a la mayor interdependencia de las actividades humanas.

Las etapas de procedimiento que se desarrollan en la aplicación de la THERP son muy parecidas a las de una evaluación de probabilidades de riesgos. Son las siguientes: identificación de las funciones del sistema que puedan verse afectadas por errores humanos; análisis de las tareas; estimación de las probabilidades de error humano y de sus efectos sobre el sistema; recomendaciones para modificar el sistema y nuevo cálculo de la probabilidad de fallo del mismo.

Systematic human error reduction and prediction approach (Sherpa)

El objetivo de esta técnica desarrollada por D.E. *Embrey* es evaluar cualitativa y cuantitativamente la fiabilidad humana y elaborar recomendaciones concretas para reducir la probabilidad de errores humanos, especialmente en lo que se refiere a procedimientos, formación de personal y diseño de equipos. Idealmente, esta aproximación de tipo mixto debería aplicarse desde la fase de proyecto de un sistema sociotécnico, aunque de hecho, se emplea para mejorar un sistema ya existente.

Esta técnica ha sido elaborada para satisfacer las exigencias de los ingenieros y gestores de la industria nuclear, necesitados de una metodología que les permitiese analizar los errores humanos y desarrollar estrategias para reducirlos. La SHERPA integra un conjunto de técnicas que también pueden ser utilizadas de forma independiente y está basada en un análisis funcional de la conducta humana que tiene en cuenta los diferentes modos de funcionamiento de la

persona, según el modelo de Rasmussen (ver NTP 360 - Fiabilidad humana: conceptos básicos)

Tras un análisis preliminar del sistema y la identificación de las tareas humanas necesarias para su correcto funcionamiento, la técnica SHERPA se desarrolla en diferentes módulos de análisis: análisis jerárquico de las tareas; análisis de los errores humanos; cuantificación; reducción de los errores; valoración.”

⇒ *La tesina no se basa en ninguno de estos métodos, pero se extraen de los mismos una serie de ideas para analizar las tareas humanas, con sus posibles fallos y sobre todo en la reducción de errores.*

- **NTP 401: Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos**

“El objetivo de esta NTP es exponer, brevemente, una forma alternativa de obtener información cuantitativa de utilidad para los análisis de fiabilidad humana. Complementa a las N.T. P. 360-94 «Fiabilidad humana: conceptos básicos» y 377-95 «Fiabilidad humana: métodos»”

⇒ *La tesina, dispone de unos indicadores, basados en la información cuantitativa de los expertos en la ejecución y revisión de los procedimientos o trabajos, para estimar la efectividad de las herramientas y del programa y ver cómo mejorarlo.*

“El juicio probabilístico de expertos ha sido un recurso empleado con éxito para obtener estimaciones en diversos campos de actividad. Sus principales ventajas son: sus amplias posibilidades de aplicación a gran número de situaciones o casos y su sencillez de uso cuando se dispone de expertos bien informados y dispuestos a colaborar. Se puede utilizaren situaciones que comprendan tareas y actividades simples, actividades basadas en procedimientos, tareas de diagnóstico y de control de procesos, considerando el impacto de los factores de tipo socio-técnico sobre la conducta. Cuando para la obtención de los juicios de los expertos se emplea alguna técnica que permite el debate entre ellos se

puede recoger información cualitativa útil para etapas posteriores, que posibilite la posterior reducción de la probabilidad de error en algunas tareas.”

- **NTP 405: Factor humano y siniestralidad: aspectos sociales**

La presente nota técnica de prevención ofrece un marco de análisis que permite situar y entender la aparición de determinadas actitudes y conductas contrarias a los procedimientos de prevención establecidos por la empresa. Ello permitirá poder decidir el ámbito y el enfoque de una posible intervención al respecto.

⇒ De esta NTP podemos extraer la centralidad del riesgo, la cual ofrece un análisis de los riesgos y su valoración:

	Unidad base	Metodología dominante	Ámbito del concepto	Aplicaciones habituales	Función Instrumental
Análisis estadísticos	Valores esperados	Extrapolaciones	Unidimensional	Seguros	Atribución de riesgos
Análisis toxicológicos, epidemiológicos	Valores en modelos	Experimentos. Investigaciones en salud	Unidimensional	Salud. Protección ambiental	Buscar valores estándares. (Anticipar la prevención). Mejorar sistemas
Análisis probabilísticos	Síntesis de valores esperados	Árboles de fallos y de sucesos	Unidimensional	Ingeniería de Seguridad	
Análisis económicos	Utilidad esperada	Análisis de coste-beneficio	Unidimensional	Toma de decisiones	Distribuir recursos
Análisis psicológicos	Utilidad esperada subjetiva	Análisis psicométricos	Multidimensional	Resolución de conflictos. Comunicación de riesgos. Políticas públicas	Valorar la percepción individual
Análisis sociológicos	Justicia y competencia percibidas	Representaciones colectivas. Análisis de estructuras	Multidimensional		Buscar justicia y equidad. Aceptación social
Análisis culturales	Valores compartidos	Análisis de redes y grupos	Multidimensional		Identidad cultural

Fig.8. Cuadro de la centralidad del riesgo.

Se pueden identificar las siguientes perspectivas en la concepción y valoración del riesgo:

a. Análisis técnicos: Incluyen diversos enfoques

El estadístico-práctico, basado en predicciones estadísticas.

El toxicològic y epidemiològic, que se usa para valorar riesgos a la salud y ambientales.

El probabilístico, que incluye la valoración probabilística del riesgo. Estos análisis anticipan daños físicos potenciales a seres humanos o ecosistemas, promediando estos sucesos sobre tiempo y espacio, y usando frecuencias relativas (observadas o modeladas) como medio de especificar probabilidades. Estos tipos de análisis elaboran un concepto de riesgo que es unidimensional por cuanto que reducen las consecuencias indeseables a daños físicos a personas o a sistemas. Este concepto además es universal en cuanto que se espera que todos los grupos sociales y culturales coincidan en considerar dichos sucesos como indeseables.

b. Análisis económicos:

Estos análisis consideran que los sucesos se pueden considerar como utilidades esperadas. Las utilidades esperadas describen el grado de satisfacción o insatisfacción asociado con una posible acción o suceso. Desde este punto de vista, hablar de un riesgo es hablar de un posible suceso no deseado, el cual se puede entender como una utilidad esperada perdida, susceptible de ser medida en probabilidades. Este concepto de riesgo es también unidimensional y universal. El cambio de unidad de análisis (daño esperado por utilidad esperada) responde a varias finalidades. Por un lado, sirve para lograr una definición más amplia de los sucesos no deseados, incluyendo aspectos que van más allá de los meros daños físicos, ya que de esta manera se puede medir la (in)satisfacción subjetiva incluyendo los efectos psicológicos o sociales juzgados indeseables. Por otro lado, la "satisfacción personal" sirve de común denominador para poder comparar los costes y beneficios entre diferentes opciones de gestión del riesgo.

c. Análisis psicológicos:

Estos enfoques incluyen todos los efectos indeseables que las personas asocian con una causa específica. Es irrelevante si estas relaciones causa-efecto reflejan o no la realidad, ya que los individuos responden de acuerdo a su percepción del

riesgo y no a un nivel objetivo del mismo ni a su valoración científica. Este concepto de riesgo es multidimensional, ya que no se refiere a un único parámetro sino a un abanico indeterminado de percepciones subjetivas.

d. Análisis sociológicos:

Se basan en el hecho de que los individuos no perciben el mundo con ojos "puros" sino a través de "lentes perceptuales" filtradas por significados sociales y culturales, transmitidos por medios de socialización como la familia, la escuela, las amistades, el trabajo, etc. En este tipo de estudios el concepto de riesgo es multidimensional, y se tienen en cuenta las experiencias de desigualdades, injusticias e incompetencias socialmente percibidas en situaciones de riesgo, entre diferentes grupos sociales. Estos tipos de experiencias no son las únicas consecuencias sociales que la gente percibirá como efectos indeseables, pero son probablemente las más relevantes (junto a la percepción de perjuicios a la salud).

e. Análisis culturales:

Estas perspectivas asumen que los modelos culturales estructuran la "mente" de los individuos y organizaciones sociales, adoptando ciertos valores y rechazando otros. Estos valores son los que determinarán la percepción e interpretación de riesgos. En suma, queda patente la multiplicidad de dimensiones que incorpora una situación de riesgo. A la hora de hablar del factor humano en relación a las actitudes y conductas, no basta pues con tener en cuenta la dimensión "daño físico" sino que habrá que considerar todo aquello que tenga que ver con la percepción e interpretación del riesgo, y con las intenciones de acción del individuo. Así, cobran relevancia otras dimensiones como las percepciones subjetivas, las desigualdades, injusticias percibidas, o la falta de legitimidad social percibida sobre quien impone el riesgo. Todo ello forma parte de las experiencias que los individuos tienen sobre las situaciones de riesgo, y por ello contribuyen a formar sus actitudes e influyen en las conductas que llevan a cabo."

Como conclusiones comenta:

“En primer lugar cada grupo social percibe unos riesgos que no necesariamente coinciden con los identificados con criterios científico-técnicos por la empresa.

En segundo lugar, además de percibir distintos tipos de riesgos, los diversos trabajadores (influidos por diversas determinaciones sociales) interpretan de manera diversa dichos riesgos. Esto implica que los diferentes trabajadores pueden otorgarles una importancia o una magnitud que no coincida con la que ha decidido el empresario.

En tercer lugar, aun suponiendo que todos los grupos (trabajadores de distintas secciones, dirección, técnicos, mandos intermedios, etc.) perciban e interpreten (o identifiquen y evalúen) los riesgos existentes en la empresa en un mismo sentido, queda por salvar un escollo fundamental.”

⇒ *Con todo ello se pone de manifiesto el abrir la participación de los trabajadores en la prevención. Por lo que deducimos que se requiere un programa o modelo de organización participativo, con suficientes canales de comunicación en todos los sentidos jerárquicos y funcionales.*

⇒ **NECESIDAD DE PARTICIPACIÓN, CULTURA DE SEGURIDAD E INTEGRACIÓN**

- **NTP 415: Actos inseguros en el trabajo: guía de intervención**

“La presente NTP propone una metodología para integrar los aspectos psicosociales relacionados con los comportamientos de los trabajadores en la gestión de riesgos de la empresa.”

⇒ *No desarrollaremos la guía establecida, pero sí que nos aporta una idea de la “gestión preventiva” que es necesaria para que en la empresa disponga de la política de fallo 0.*

- **NTP 619-620-621: Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano**

“Este documento presenta una propuesta metodológica basada en los conocimientos y experiencias de su autor como responsable del departamento de Análisis Probabilístico de Riesgos de la Asociación Nuclear de Ascó desde 1986 a 2001, con la finalidad de penetrar con rigor científico pero de manera simplificada en la metodología y cuantificación del error humano en el desarrollo de los análisis probabilísticos de riesgos. Esta Nota técnica se complementa con las dos siguientes en las que se presenta una metodología más detallada para la estimación de probabilidades de actuaciones en función de sus características y una serie de tablas para la estimación de datos probabilísticos.”

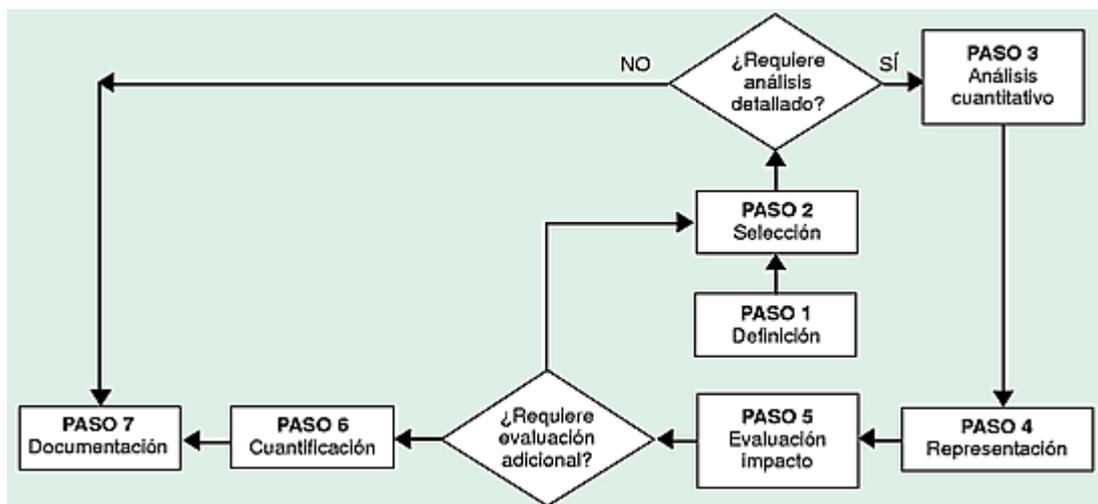


Fig.9. Pasos para la metodología de fiabilidad humana.

- En estas NTPs encontramos una metodología que se basa en análisis probabilístico y lo cuantifica, ayudándose del modelo THERP y SHARP, anteriormente mencionados, que ejemplifica un modelo de fiabilidad humana basada en las acciones del individuo y de las cuales hemos extraído conclusiones sobre como basar el estudio de esta tesina.

3.2. Mundo nuclear occidental:

3.2.1. Organismos

- **El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)** pertenece a las organizaciones internacionales conexas al sistema de las Naciones Unidas. Este organismo empezó a funcionar en Viena el 29 de julio de 1957 y en

noviembre del mismo año la Asamblea General aprobó un acuerdo sobre la relación del OIEA con la ONU, a fin de tratar de acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica para fines de paz, la salud y la prosperidad en todo el mundo.

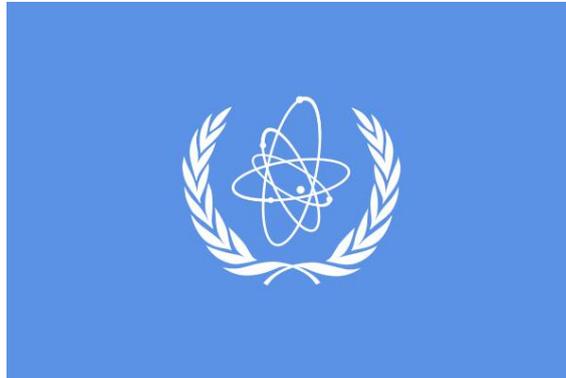


Fig.10. Bandera de la OIEA.

Teniendo como objetivo el asegurar que la asistencia prestada no se utilice con fines militares, el OIEA establece normas de seguridad nuclear y protección ambiental, ayuda a los países miembros mediante actividades de cooperación técnica y alienta el intercambio de información científica y técnica sobre la energía nuclear.

Cuenta con asesores, equipo y capacitación para suministrar asistencia a los gobiernos en desarrollo y promueve la transmisión de conocimientos teóricos y prácticos para que los países receptores puedan ejecutar eficaz y seguramente sus programas de energía atómica.

Por otro lado encontramos las referencias americanas, las cuales influyen en la comunidad europea:

- **La Comisión Reguladora Nuclear de Estados Unidos (en inglés *Nuclear Regulatory Commission (NRC)*)** es una agencia estatal que fue fundada a partir de la Ley de Reorganización de la Energía de 1974, y se inauguró el **19 de enero de 1975**. La NRC se hizo cargo de la supervisión de los asuntos relacionados con la energía eléctrica y la seguridad nuclear, antes controlados por la Comisión de Energía Atómica (conocida por sus siglas AEC). La supervisión de las armas nucleares, así como la promoción de la energía nuclear, fue transferida por la misma Acta a la *Energy Research*

and Development Administration, eliminándose por ello la AEC (en 1977, y la ERDA se convirtió en el Departamento de Energía).



Fig.11. Escudo de la NRC.

Como su predecesora, la AEC, la NRC supervisa la seguridad de los reactores, los permisos y sus renovaciones, la seguridad y aprobación de los materiales, y la gestión de los residuos (almacenaje y vertido).

La misión de la NRC es regular el uso civil nacional de los productos derivados, su fuente, y asegurar la adecuada protección de la salud y seguridad pública, de los materiales especiales, promover la defensa y seguridad comunes, y proteger el medio ambiente.

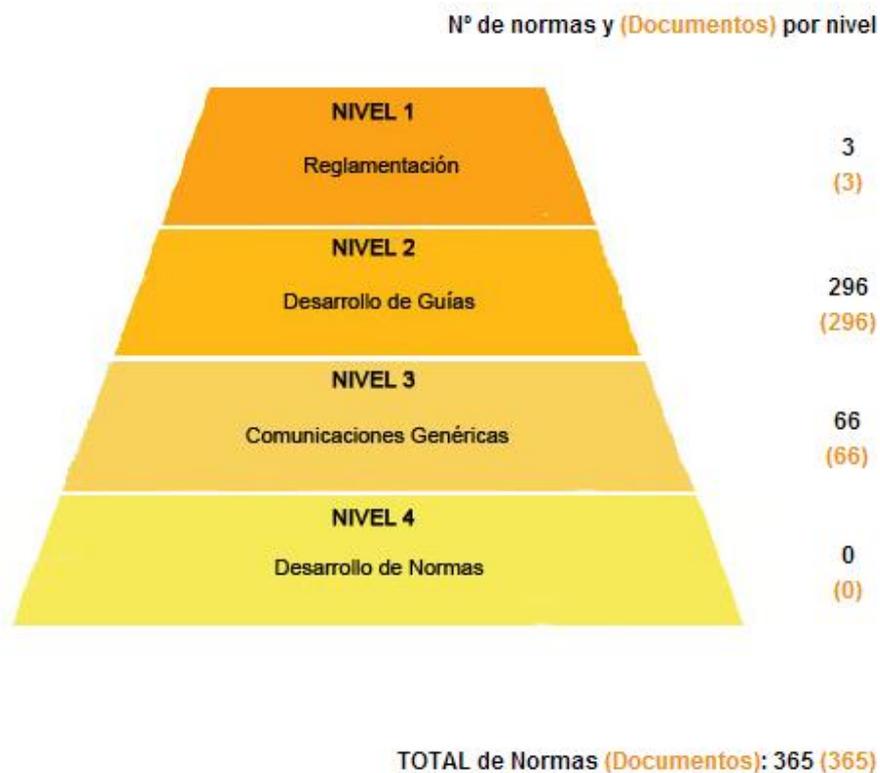


Fig.12. Pirámide Normativa de la NRC.

- **La Comunidad Europea de la Energía Atómica o (EURATOM)** se crea en Roma con la firma del Tratado de la Comunidad Europea de la Energía Atómica, el **25 de marzo de 1957**, se firma junto con el tratado "Mercado Común Europeo" que daba origen a la Comunidad Económica Europea (CEE). El acto, se inició a las seis de la tarde en el salón de los Horacios y los Curiacios del histórico edificio del Campidoglio -palacio municipal romano-, ubicado en la colina del Capitolio. Se establece como objetivo, dado el déficit generalizado de energía "tradicional" de los años cincuenta, el desarrollo e independencia de una industria propia nuclear europea mediante la creación de un mercado común de equipos y materiales nucleares, así como el establecimiento de unas normas básicas en materia de seguridad y protección de la población
- **Consejo de seguridad nuclear (CSN)** es la institución española independiente de la Administración General del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene como fin primordial velar por la seguridad nuclear y la protección radiológica de las personas y del medio ambiente. Su estructura, funciones, competencias y organización fueron ampliamente modificadas en octubre de 2007 con la reforma de su Ley de Creación (Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, reformada por la Ley 33/2007, de 7 de noviembre.).Aporta también los datos operativos de las centrales nucleares situadas en territorio español, informando del modo de operación, potencia térmica, potencia eléctrica, presión primaria, temperatura primaria, concentración de Boro-10 de los reactores nucleares, entre otros.



Fig.13. Escudo del CSN

3.2.2. Legislación Nuclear:

En relación con la normativa aplicable en el ámbito nuclear al error humano y su jerarquía, resulta de utilidad conocer lo que en el ámbito regulador nuclear español se entiende por "Organización y Factores Humanos (OyFH)", esto es, la

aproximación a la mejora del impacto de los factores humanos y organizativos en la seguridad nuclear sustentada en la utilización de bases técnicas, metodologías, herramientas y criterios procedentes de un espectro amplio de disciplinas que abarcan desde la ingeniería de factores humanos a las ciencias del comportamiento, ciencias sociales y de la gestión. Según ello, son muy diversos los aspectos sobre los que incidir desde el punto de vista de la regulación y de la posible normativa a emitir por parte del organismo regulador, en este caso el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). En esta línea, el instrumento más potente, sin tener carácter normativo, del que actualmente disponen las instalaciones nucleares españolas y que el CSN ha impulsado, son los llamados Programas de Organización y Factores Humanos. Estos programas, desarrollados por las instalaciones, definen e integran las actuaciones en OyFH, reflejando el compromiso formal de toda la organización con la seguridad a través de la evaluación y mejora de los factores humanos y organizativos, con el objeto de que la planificación, realización y seguimiento de dichas actuaciones se haga de manera coordinada y se asignen los recursos necesarios. La aproximación reguladora que se ha seguido para su desarrollo e implantación no ha tenido, sin embargo, un marcado carácter prescriptivo, basado en normas a seguir, sino que ha buscado la implicación y el compromiso de los Titulares de las instalaciones con el tema.

- **Pirámide normativa:**

Desde 1964 se dispone de La Ley Nuclear que establece las exigencias legales para la utilización de la energía nuclear en España. En 1968 entró en explotación la primera central nuclear sometida a dicha ley. Desde entonces, el conjunto de Leyes, Reglamentos y otras normativas aprobadas en España ha sido muy importante, adaptándose a las necesidades del desarrollo de la utilización de esta energía.

El marco legislativo nuclear que regula la operación de las centrales españolas está incluido en la jerarquía legal y normativa del Estado. Esta jerarquía se estructura en cuatro niveles básicos constituyendo lo que se ha dado en llamar la "Pirámide Normativa".

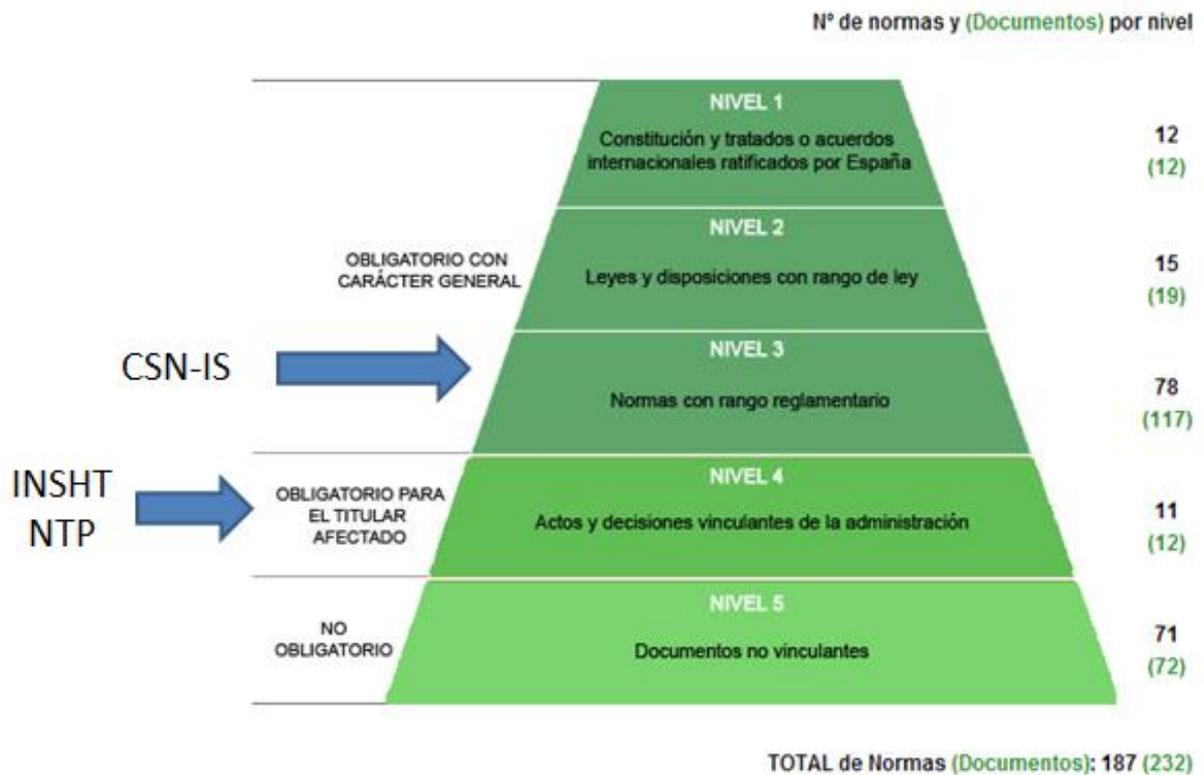


Fig.14. Pirámide normativa CSN

En el nivel más alto, nivel constitucional, se sitúan las disposiciones tales como la Constitución o los Tratados y Acuerdos internacionales. En el ámbito nuclear cabe citar:

- Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares (Viena/Nueva York, 3 de marzo de 1980),
- Convención sobre Pronta Notificación de Accidentes Nucleares y Asistencia en caso de Accidente Nuclear o Emergencia Radiológica (Viena, 26 de septiembre de 1986),
- Convención sobre Seguridad Nuclear (Viena, 20 de septiembre de 1994),
- Convención conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre la Seguridad en la Gestión de los Desechos Radiactivos(1997).
- Convenio para la protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Nordeste (22 de septiembre de 1992).

Inmediatamente debajo de este nivel constitucional está el nivel estatutario, en el que se enmarcan las leyes específicas emanadas del parlamento:

- Ley 25/1964 sobre Energía Nuclear,
- Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN),
- Ley 54/1997 del Sector Eléctrico,
- Ley 14/99 de Tasas y Precios Públicos

En un tercer nivel, se incluyen las regulaciones detalladas y, frecuentemente, de alto contenido técnico:

- Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR),
- Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes,
- Reglamento de Cobertura de Riesgos Nucleares,
- Plan Básico de Emergencia Nuclear
- **Instrucciones del CSN.**

En los últimos niveles se sitúan los actos y decisiones vinculantes de la Administración del estado, también de obligado cumplimiento, y las recomendaciones, guías y otros documentos no vinculantes destinados a servir de ayuda a las organizaciones y técnicos que han de desarrollar la actividad:

- Autorizaciones y Permisos
- **Instrucciones técnicas,**
- Instrucciones Técnicas Complementarias.

En resumen y según el CSN las normas más importantes a tener en cuenta son:

En ámbito internacional (a nivel europeo):

- Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM).
- Anexos del Tratado EURATOM
- Directiva 89-618, del Consejo, de 27 de noviembre de 1989, relativa a la información de la población sobre las medidas de protección sanitaria aplicables y sobre el comportamiento a seguir en caso de emergencia radiológica
- Reglamento 1493/93/Euratom, sobre traslados de sustancias radiactivas entre Estados Miembros.

- Directiva 96/29/Euratom del Consejo de 13 de mayo de 1996 por la que se establecen las normas básicas relativas a la protección sanitaria contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. (DOCE 29/06/1996)
- DIRECTIVA 2003/122/EURATOM DEL CONSEJO, de 22 de diciembre de 2003, sobre el control de las fuentes radiactivas selladas de actividad elevada y de las fuentes huérfanas
- Reglamento 302/2005 de la Comisión de 8 de febrero de 2005 relativo a la aplicación del control de seguridad de Euratom (DOCE 26-02-05).
- DIRECTIVA 2006/117/EURATOM, del Consejo, relativa a la vigilancia y al control de los traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado, que sustituye a la Directiva 92/3/euratom, de 3 de febrero de 1992.
- Directiva 2009/71/EURATOM, por la que se establece un marco comunitario sobre la seguridad en las centrales nucleares

En ámbito estatal: (Ámbito Regulatorio Nuclear Español)

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear

- Ley 54/1997, de 27 noviembre, del sector eléctrico.
- Ley 15/1980, de 22 abril, de creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Ley 14/1999, de 4 de mayo de Tasas y Precios Públicos por servicios prestados por el Consejo de Seguridad Nuclear. (BOE 05-05-99)
- Disposición final novena de la Ley 11/2009 que modifica la disposición adicional sexta de la Ley 54/1997, que regula la financiación del Fondo para la gestión de las actividades del PGRR
- disposición adicional decimoquinta de la Ley 2/2011 por la que se modifica la disposición adicional sexta de la Ley 54/1997 sobre la regulación del Fondo para la gestión de las actividades del PGRR
- Ley 12/2011, de 27 de mayo, sobre responsabilidad civil por daños nucleares o producidos por materiales radiactivos.

“Instrucción IS-26, de 16 de junio de 2010, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares Publicada en el BOE nº 165 de 8 de julio de 2010”

En esta instrucción se encuentran las definiciones y requisitos que comúnmente se mencionan en el ámbito nuclear y sobre todo en el error humano, como por ejemplo:

“Factores humanos:

3.22. El titular de la instalación deberá tener en cuenta los aspectos relacionados con los factores humanos durante el ciclo de vida de la misma, de manera que se mejore la seguridad de la explotación tanto en condiciones normales como en sucesos operacionales y en situaciones de accidente.

3.23. El titular de la instalación deberá prestar especial atención y disponer de programas específicos para reducir, detectar y corregir los errores humanos.”

 *Aquí es realmente donde se menciona la intencionalidad de establecer un programa de reducción de error humano.*

“Análisis de accidentes:

5.7. El análisis de accidentes se realizará con márgenes de seguridad de forma que se asegure el mantenimiento de las funciones de seguridad considerando las incertidumbres inherentes a los procesos involucrados.”

 *En este apartado se incluye la necesidad de analizar los accidentes.*

“Instrucción de 22 de octubre de 2008, del Consejo de Seguridad Nuclear, número IS-19, sobre los requisitos del sistema de gestión de las instalaciones nucleares”

Esta instrucción nos da los requisitos de un sistema de gestión y define todos los elementos del mismo, siendo útiles para entender de lo que estamos hablando en este trabajo, con palabras como: Cultura de seguridad, acciones correctivas y preventivas, procesos, recursos, etc.

Evaluación del análisis probabilista de seguridad de la Central Nuclear de Vandellòs II:

Dicha evaluación se realiza para trabajos diferentes a los que realiza LAINSA además de que es un sistema enfocado al riesgo de una instalación y no a la persona.

Sin embargo, propone un árbol de sucesos (iniciadores) y un árbol de fallos (casos hipotéticos que deben ser evaluados a causa de esos sucesos no deseados).

Por lo tanto acota muy bien el análisis de nuestro trabajo. Las **conclusiones generales** sobre la legislación referente al Error Humano son:

- NECESIDAD DE UNA METODOLOGIA APLICADA A LAS PERSONAS, SEGUIMIENTO O COACHING.
- NECESIDAD DE CLASIFICAR ERRORES Y PREVERLOS.
- NECESIDAD DE INDICADORES O REPORTES.
- NECESIDAD DE AFIANZAR PROCEDIMIENTOS Y CONTINUAR MEJORANDOS, PARA REDUCIR EL ERROR Y AUMENTAR LA COMPETENCIA.

Las **conclusiones generales** sobre la legislación referente al Mundo Nuclear son:

- LAS CONSECUENCIAS EN EL MUNDO NUCLEAR SON FATIDICAS.
- SE DEBE ESTABLECER UNA POLÍTICA DE ERROR 0.
- HAY QUE DISPONER DE UNA CULTURA DE SEGURIDAD ALINEADA CON LA PROPIEDAD DE LA CENTRAL NUCLEAR.

4. HISTORIA DEL ERROR HUMANO Y METODOLOGIAS DE APLICACIÓN:

En el capítulo 2, se enuncian las características del Error Humano, en este capítulo se va a profundizar en el concepto y en las metodologías de cuantificación.

Que es el error humano:

Según la NTP-360: "Siguiendo a Leplat y Terssac, la definición mínima de error humano conlleva la idea de "desvío con relación a una norma". Es necesario comprender esta desviación entre el comportamiento esperado y el adoptado realmente para iniciar la búsqueda de soluciones que reduzcan su probabilidad de ocurrencia. La existencia de una variación entre la tarea prescrita (procedimiento establecido) y la efectiva (tarea tal como se realiza) puede analizarse y entenderse de diferentes maneras, si bien en la mayoría de los casos, es indicadora del carácter no funcional de las prescripciones impuestas por el diseñador del dispositivo técnico y/o por quien organiza el trabajo. Remodelar la tarea, permite a la persona adaptarse mejor a las variaciones de la situación de trabajo.

El error humano es un fenómeno extremadamente común. Las personas, independientemente de sus habilidades y nivel de experiencia, cometen errores diariamente: toman la salida equivocada en la carretera, pulsan la tecla incorrecta en el teclado del pc, equivocan el número en llamada telefónica, ponen sal al café y no azúcar. Estos son errores de los que la gente comete todos los días. La típica consecuencia de un error, es fallar en obtener un resultado deseado o la producción de un resultado indeseable.

La mayoría de los errores que cometen las personas tienen poco impacto y pueden ser corregidos rápidamente. Sin embargo cuando esos mismos errores son realizados en complejos sistemas sociales o tecnológicos el impacto puede ser muy grande. Esos errores pueden potencialmente ocasionar elevadas pérdidas económicas y ni hablar de lesiones o muerte.

De manera sencilla el error humano puede ser definido como la ejecución incorrecta o inapropiada de una acción, o particularmente, la falla al

desempeñarla. Aunque a primera vista esta definición hace parecer al tema como simple, en realidad no lo es. Se han realizado una gran cantidad de investigaciones para abundar en el conocimiento de este fenómeno. Como consecuencia se han desarrollado diferentes definiciones, categorías, esquemas, modelos con el propósito de contribuir al entendimiento del error humano.

Hay documentados numerosos intentos por definir el concepto de error humano sin embargo no hay aún una definición universalmente aceptada. Incluso, en vista de la dificultad para la definición del concepto mismo algunos investigadores han sugerido que el error humano no existe como tal.

Hollnagel define los errores como acciones que fallan en obtener los resultados esperados y producen consecuencias no deseadas. Leplant define error humano como acciones contraproductivas con respecto a las intenciones u objetivos de las personas. Fuller sugiere que es la diferencia entre los requerimientos o demandas de un sistema y lo que el operador humano hace. Probablemente la definición más ampliamente aceptada fue presentada por Reason, quien define formalmente error humano de la siguiente manera:

“Es el término genérico que engloba todas esas acciones en las cuales la secuencia de actividades físicas o mentales falla al intentar obtener un resultado deseado y cuando esas fallas no son atribuibles a la intervención de algún agente de cambio”.

Poniendo juntas las definiciones citadas arriba podemos decir que **error humano puede ser definido como cualquier actividad mental o física, o falla en realizar dicha actividad, que produce un resultado no deseado o inaceptable.**”

4.1. Metodologías empleadas.

Las aproximaciones metodológicas que se aplican en el sector nuclear para limitar la ocurrencia de los errores humanos se pueden encuadrar en **dos grandes líneas: proactivas (o preventivas) y reactivas (o correctivas)**. Como

su propio nombre indica, están orientadas a la prevención de los errores y al establecimiento de actuaciones encaminadas a corregir las causas que los producen. Ambas tienen el objetivo de analizar y mejorar la actuación de las personas e identificar y eliminar barreras organizativas precursoras de estos errores. Por citar algunas de las actualmente empleadas, cabe señalar, las metodologías de análisis organizativo para evaluar la Cultura de Seguridad o las metodologías para la observación y análisis de la actuación humana, entre las preventivas, o las metodologías de análisis de causa raíz que se utilizan en el análisis y la investigación de sucesos, entre las de carácter reactivo. Cabe mencionar asimismo las metodologías empleadas para la realización de los **Análisis de Fiabilidad Humana en el ámbito de los Análisis Probabilistas de Seguridad.**

Definición y objetivos del análisis de fiabilidad humana:

El análisis de fiabilidad humana (FH) es un método por el cual se realiza un análisis sistemático de las acciones que el personal de la planta lleva a cabo o puede tener que llevar a cabo para controlar los accidentes. Este tipo de análisis permite la identificación, descripción modelación y cuantificación de los errores humanos creíbles que son significativos para el riesgo de la instalación.

En el contexto de un Análisis Probabilista de seguridad (APS), el objetivo de la tarea de Fiabilidad Humana es analizar la influencia del ser humano en el riesgo asociado con la operación de las centrales nucleares.

La realización de los APS conlleva un estudio detallado de los sistemas que intervienen en la ocurrencia y mitigación de accidentes. Partiendo de la extensa familiarización con la planta, se llevan a cabo las tareas de selección de los sucesos iniciadores que deben considerarse, la evolución de los mismos (delineación de secuencias) y la determinación de los equipos y acciones de los operadores necesarios para su gestión, dando lugar al análisis de sistemas y al análisis de fiabilidad humana, respectivamente.

Los APS cuantifican el riesgo de la instalación en cuanto a la frecuencia anual de fusión del núcleo (nivel 1) y la frecuencia de excedencia de cada categoría de liberación (nivel 2). Sin embargo, el resultado del APS no es sólo la frecuencia

de daño al núcleo global o por secuencias, sino una lista detallada de combinaciones de fallos de equipos (en demanda o en operación), indisponibilidades por pruebas o mantenimiento y errores humanos que provocan el daño al núcleo. A cada una de estas combinaciones se denomina conjunto mínimo de fallos (*minimalcut set*, MCS).

En el caso de un APS de nivel 1, se examina la evolución posible de escenarios mediante árboles de sucesos, en los que se postula el funcionamiento o no de cada función de seguridad que pueda intervenir en la mitigación de esos escenarios. Para ello es necesario calcular la probabilidad de cada una de esas funciones de seguridad, que se recogen en los cabeceros del árbol de sucesos. Es decir, debe calcularse la probabilidad de fallo de los sistemas requeridos para desarrollar la función de seguridad que mitiga cada accidente. Dentro de estas funciones de seguridad interviene el personal de operación de la planta de varias maneras, cuya descripción abordaremos en este tema.

En los APS los análisis de fiabilidad humana se realizan para los distintos modos de operación (a potencia y en parada), para sucesos iniciadores internos y externos (incendios, inundaciones). El peso de los análisis de fiabilidad humana en la interfase y en los niveles 2 es mucho menor que en el nivel 1.

El error humano

En los APS, se considera un Error Humano una acción humana realizada fuera de los márgenes de tolerancia dados por los criterios de éxito de los sistemas de la planta.

Los errores humanos modelados en un APS incluyen errores que reducen la disponibilidad de sistemas, que tienen como resultado un suceso iniciador, que no impiden la progresión de un accidente o que empeoran la progresión de un accidente.

Se supone que los errores humanos pueden ocurrir antes de un suceso iniciador (pre-iniciadores), pueden causar el suceso iniciador (iniciadores) o pueden ocurrir después del suceso iniciador (post-iniciadores), mientras el personal de la planta está tratando de mitigar las consecuencias de un accidente.

Como resultado del esfuerzo de investigación para incorporar las interacciones humanas en el APS, el EPRI, *Electric Power Research Institute*(California) ha desarrollado el procedimiento sistemático de fiabilidad de las acciones humanas (*Systematic Human Action Reliability Procedure*), conocido por sus siglas en inglés, SHARP.

SHARP pretende ser un marco para la incorporación de las interacciones humanas en el APS con un enfoque sistemático que considera un conjunto de pasos (ver más abajo). SHARP no proporciona de forma explícita los métodos de cuantificación, sino que hace referencia a otros documentos disponibles.

La metodología SHARP ha sido usada en todos los APS realizados por las CCNN españolas.

Visión del error humano desde la ingeniería:

Para tratar el tema desde la perspectiva de la ingeniería se han tomado como referencia los trabajos realizados por:

Blasco (2000), donde es posible extraer la visión de la fenomenología o fundamentos de la experiencia y la interpretación (hermenéutica) de los sistemas artificiales reales en un proyecto considerado como algo construido a partir de un proceso de interacción social, para traer nuevas realidades basadas en la existente.

Rasmussen (1983, 1986, 1987,1994), analiza y evalúa el sector industrial, introduciendo factores cognitivos en la práctica de la ingeniería para establecer un modelo que combina el carácter cognitivo de la persona y sus interacciones con el mundo real, a través de interrelaciones sociales y físicas.

Rasmussen (1983), propone la existencia de tres niveles de actuación que corresponden a distintos niveles de familiaridad con el ambiente o la tarea, en relación con los mecanismos cognitivos del puesto de trabajo:

El modelo de Habilidades (*Skill-based, S*) - Reglas (*Rule-based, R*) – Conocimientos (*Knowledge-based, K*). Posterior a este modelo, Rasmussen (1994) añade a sus investigaciones la observación de la necesidad de un pensamiento analítico para la resolución de problemas, la toma de decisiones y

las explicaciones del cómo y por qué ocurrió el accidente. A este nuevo enfoque le llamó Ingeniería de los Sistemas Cognitivos.

Reason (2000), a diferencia de los anteriores, ofrece un enfoque psicológico basado en las investigaciones de Rasmussen, para centrar su estudio en las intenciones, acciones y consecuencias del error, y plantea que la noción de intención y error son inseparables; intenta definir el error humano y clasificar sus formas de acuerdo a la intención del comportamiento. Distingue entre diferentes clases de comportamiento intencional, que parten de la formulación de tres preguntas que están relacionadas con la secuencia como ha sido producida la acción:

¿Hubo una intención a priori para la acción?

¿Las acciones procedieron de acuerdo a lo planificado?

¿Se logró el final deseado?

Para cada pregunta hay una respuesta que explica la intención de la acción adoptada por el individuo durante la ejecución de una tarea o actividad. La intención comprende dos fundamentos: a) una expresión del estado final a ser logrado, y b) una indicación de los medios por los cuales será lograda. Ambos principios pueden variar ampliamente en su grado de especificidad.

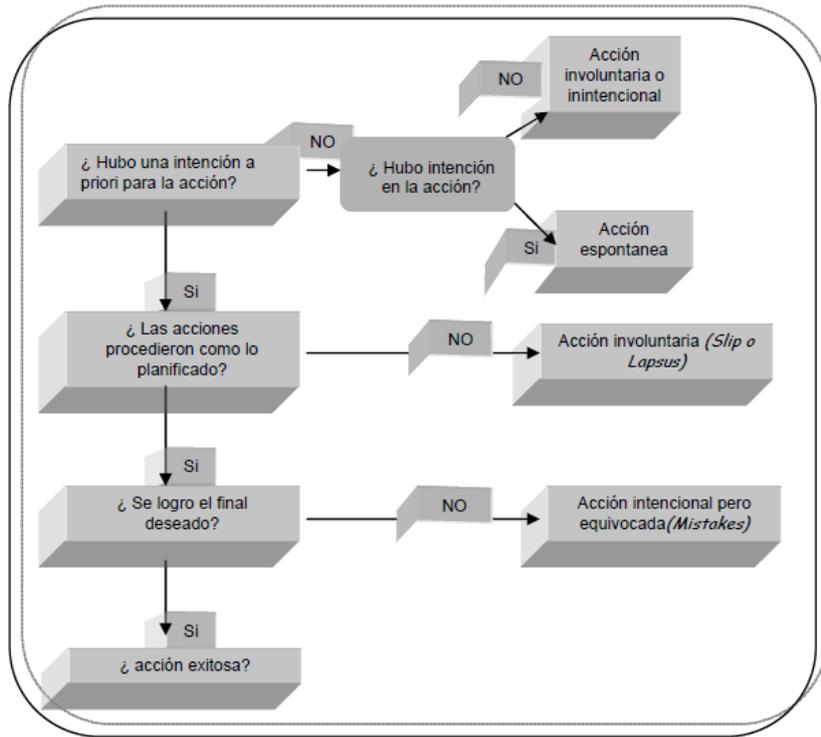


Fig.15. Algoritmo para la distinción de las variedades de comportamiento internacional.(Reason, 2000).

Reason (2000) además, propone un marco conceptual en el cual, considera aspectos del funcionamiento cognitivo de la persona en la interficie persona-máquina. Esta estructura se deriva en parte de los trabajos realizados por Rasmussen (1983), sobre el modelo de ejecución humana basado en habilidades-conocimientos-reglas, es decir, integra la visión psicológica con la visión técnica de Rasmussen, para dar otro punto de vista de por qué pueden suceder los errores humanos.

En la figura 16 se pueden ver ambos principios y la relación surgida:

Errores basados en habilidades	Lapsus y slips
Errores basados reglas	Equivocaciones
Errores basados en el conocimiento	Equivocaciones

Tabla 2: Clasificación de los errores elaborada a partir de Rasmussen (1983) y Reason (2000).

Fig.16. Clasificación de los errores.

El error se ha estudiado de un modo inductivo: no demanda axiomas y definiciones precisas en principio, pero se presenta una definición del error que ha proveído su utilidad en un sentido psicológico más que filosófico, que, para efectos de esta investigación se ajusta perfectamente:

La investigación de Reason (2000), por lo tanto, establece que el error se presenta cuando la acción está supeditada por una intención. No tiene sentido decir que un comportamiento involuntario es un error. Además, elabora una clasificación de los errores fundamentada en procesos psicológicos que derivan de ciertas actitudes del ser humano, cuando tiene agentes que perturban su estado de equilibrio, estos se mencionan a continuación: a) *Slips* y *Lapsus*, se presenta cuando existe una desviación entre la acción y la intención y, b) las equivocaciones (*Mistakes*), se manifiestan cuando la acción es la consecuencia de una planificación inadecuada para lograr el resultado deseado

Fiabilidad humana:

Los errores humanos se presentan durante toda la vida útil de los sistemas, desde su diseño hasta el final de su vida útil. En la vida diaria constatamos que nuestros errores son casi continuos, y de hecho, aceptamos que es cierta la frase "errar es humano". Como dijo hace 2.000 años el orador romano Cicerón, "está en la naturaleza del hombre cometer errores".

Los fallos del hombre en el manejo de situaciones típicas en los procesos industriales son diversos y dependen mucho del entrenamiento y de la experiencia del operador ante situaciones difíciles. Deben considerarse durante toda la vida de la planta, en las fases de diseño (criterios ergonómicos de accesibilidad, espacio,...), fabricación y construcción (manuales de control de calidad), puesta en marcha (entrenamiento, procedimientos de arranque y ante accidentes) y operación (es la fase más importante en la que se han dedicado más esfuerzos a la interfase hombre - máquina: reglas de operación en cualquier situación, control de calidad, diseño del lazo de control, entrenamiento y selección de operadores, problemas de comunicación).

Los estudios de fiabilidad humana se iniciaron en aviación y se profundizó en industrias tales como la industria nuclear, donde los fallos del operador pueden conducir a situaciones realmente difíciles y peligrosas.

En el resto de las industrias se presta una creciente atención a la fiabilidad humana, pues aparte de conducir la planta a situaciones de peligro, pueden causar pérdidas de producto importantes. Existen bancos de datos de fiabilidad humana, que están en continuo desarrollo.

El error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema, excede el límite de aceptabilidad. Este límite de aceptabilidad debe definirse claramente, así como los factores capaces de influir en el comportamiento del hombre. De aquí que deban especificarse todos los parámetros que determinan el error humano.

El hombre presenta un alto grado de variabilidad en su comportamiento. Su contribución a los fallos generales es del orden del 10%, mientras que contribuye a los accidentes importantes en un 50-80%.

El rendimiento del hombre depende de lo que se llama la carga mental de trabajo que puede provocar fatiga mental si los estímulos externos están por encima de las posibilidades del hombre. Esto podría resumirse en estados de fatiga de monotonía, hipovigilancia y saturación mental, si bien queda comprendido dentro de los **factores de forma del comportamiento**.

Factores de forma del comportamiento:

Para caracterizar los cambios en el rendimiento del modelo humano, y en el caso de relaciones con otros sistemas externos, se definen los llamados factores de forma del comportamiento (PSF *Performance Shaping Factor*) que se indican en la tabla siguiente. Esta tabla está basada en el informe NUREG/CR 1278 sobre centrales nucleares de AugustSwain, Guttman publicado en 1983, pero que puede extrapolarse a las plantas de proceso.

En esta tabla aparecen los factores de forma del comportamiento (PSF) y ejemplos (fuente: NUREG 1278, 1983):

SITUACION DEL ENTORNO

- Limpieza (motor diesel de un barco).
- Ruido ambiental (afecta la fiabilidad del operador y puede dar sordera irreversible).
- Temperatura excesiva (fábricas de vidrio).
- Brillo o centelleo (fatiga visual con posible fotofobia).
- Horas de trabajo excesivas (fuerte presión de la gerencia en puestas en marcha).
- Responsabilidad excesiva que no puede asumirse (nivel de incompetencia).
- Falta de reconocimiento de méritos (desmoralización).

INSTRUCCIONES

- Transmisión oral (malentendido en el paro de un tanque con agitador).
- Transmisión escrita defectuosa (dos turnos de trabajo sin transmisión verbal)
- Avisos de precaución (deben ser redundantes y llamar la atención).
- Métodos de trabajo (definidos y perfectamente claros).

TAREA

- Falta de realimentación (para actuar positivamente - comprobación válvula cerrada).
- Frecuencia y repetibilidad (peligro de maniobras incorrectas por la rutina).
- Interfase hombre-máquina (ergonomía, buenos manuales de operación).

ESTRES PSICOLOGICO

- Cambio rápido de la situación del proceso (disparo de un proceso exotérmico lo que enfrenta al operador a una situación difícil).
- Duración de la situación de stress (personal de noche en fábricas no preparados y sin ayuda, médicos de urgencias por la noche).
- Rapidez y magnitud de la tarea (se debe formar previamente al operador, por ejemplo,

ante la incorporación de las nuevas tecnologías al mundo industrial).

- Trabajo monótono, aburrido y sin interés (la dirección debe mejorarlo o hacer partícipe al operario, por ejemplo, los equipos de trabajo en las fábricas de automóviles).
- Deprivaciones sensoriales por enfermedad, tomar bebidas alcohólicas durante el trabajo, abusos en la toma de medicamentos
- Distracciones, por problemas personales o no estar por la labor.
- Presión del ambiente, por ejemplo, ante un posible fallo grave que repercuta en la pérdida del puesto de trabajo (mala operación de un autoclave que destruya una carga completa de plasma sanguíneo con precedentes de despido en la empresa).

STRESS FISIOLÓGICO

- Duración de la situación de stress (personal de noche en fábricas no preparados y sin ayuda, médicos de urgencias por la noche).
- Fatiga (es fácil equivocarse, por ejemplo en puestas en marcha de larga duración en las que el personal ni siquiera duerme).
- Incomodidad (ruido, vibraciones, hambre, ...)
- Anoxia (insuficiencia de oxígeno) (trabajo en ambientes contaminados).
- Movimientos limitados (falta de ergonomía del espacio de trabajo).
- Cambios de presión o presiones extremas (trabajos submarinos).

FACTORES ORGÁNICOS

- Entrenamiento o experiencia previos
- Personalidad e inteligencia
- Motivación y actitud ante el trabajo
- Condiciones físicas (*mens sana in corpore sano*)
- Influencias externas (dependencia excesiva del jefe o del grupo, trabajo de varias

personas con máquinas peligrosas con lo que el grupo toma mas riesgos de los necesarios de los que tomaría una sola persona - ejemplo vuelos en avioneta biplaza de dos pilotos que todavía no se conocen bien o inmersión de grupos novatos.

Error de fijación:

Aparte de las condiciones de trabajo indicadas en la Tabla de los factores de forma, las situaciones que encuentra un operador de una planta de proceso son, en ocasiones, tremendamente dinámicas. Forzado de esta forma, por los cambios continuos que advierte en el mundo exterior (proceso), debe efectuar un diagnóstico de la situación, valorarla, y planificar su actuación para controlar los cambios y conseguir que el proceso vuelva a la normalidad.

Tal sería el caso de un reactor exotérmico en el que fallara la refrigeración de la camisa del reactor en el momento en que la temperatura en el seno del reactor empezara a subir. El operador debería diagnosticar la situación (la temperatura puede subir por encima del punto de disparo de la reacción), valorarla (está fallando el sistema de control que abre la válvula de agua fría y pone en marcha la bomba del circuito de refrigeración) y planificar su actuación (pasaré el control a manual, cerraré la válvula de control de vapor de calefacción y abriré la válvula de control de agua de refrigeración, y apretaré el pulsador de puesta en marcha de la bomba del circuito de refrigeración, y si ésta no se pone en marcha, espero que lo haga la de reserva, y si no es así, avisaré a mantenimiento para que arregle inmediatamente la avería, claro que quizás ellos no puedan acudir inmediatamente).

Evidentemente, situaciones peores pasan en las centrales nucleares, tal como ocurrió en el accidente de Three Mile Island en Estados Unidos.

En estas condiciones de urgencia para el operador en la toma de decisiones, cuando su mundo exterior (es lo que ve en su panel de control) cambia tan rápidamente, a veces falla en la revisión de la importancia de la situación y comete lo que se llama **error de fijación**. Este tipo de error está formado por dos errores diferentes que coexisten:

1. Su valoración de la situación es inadecuada para la situación real.
2. Su razonamiento o su actuación erróneos persisten sin modificaciones en las varias oportunidades que el mundo exterior (proceso) le va dando a medida que las condiciones van evolucionando.

Existen tres modelos diferentes de errores de fijación:

1. El operador valora continuamente la situación cambiante efectuando muchas hipótesis, todas erróneas sin acertar la correcta, y pasando de una acción a otra. Para un observador exterior le parece que el operador actúa de forma incoherente sin que tenga éxito en sus tentativas de arreglar el problema.
2. El operador valora de una forma determinada la situación y pasa a una acción concreta (errónea), que no soluciona el problema. A pesar de ello continúa repitiendo la misma cadena de acciones:
 - situación anormal \Rightarrow acción errónea
 - situación en peligro \Rightarrow misma acción errónea
 - situación en mayor peligro \Rightarrow misma acción errónea hasta que la situación evoluciona hacia el desastre con pérdidas en el proceso e incluso con un posible resultado de muerte.
3. El operador no reacciona ante la nueva situación y no toma ninguna acción creyendo que no se producen cambios. Cree firmemente en su mundo interno y no presta atención a las indicaciones cambiantes de los instrumentos.

A veces tiene razón en obrar así, pues puede recordar experiencias pasadas de falsas alarmas. Por ejemplo, la actuación inicial de una alarma de nivel de flotador en un tanque con olas en la superficie del líquido producidas por un agitador - a no ser que la alarma actúe sólo para excitaciones continuas, la bocina y la luz en el panel de alarmas se excitarán intermitentemente (cada vez que el flotador sea levantado por una ola), con lo que llegará un momento en el que el operador hará caso omiso de dicha alarma.

Por otro lado, imperativos de aumento de producción por parte de la Dirección de la planta, pueden dar lugar a que el operador no sólo no haga caso de la alarma, sino que lo que es más grave, intente anularla (si tiene conocimientos o con la ayuda del personal de mantenimiento) y con ello inhiba las funciones de seguridad del proceso.

Las soluciones al error de fijación son:

- Comprobación o verificación de la atención del operador con las siguientes medidas generales: disminuir la presión del entorno de vigilancia, soportar con información completa una decisión vital y disponer de instrumentación fiable.
- Poner límites en la forma y en el contenido del conocimiento del operador mediante su entrenamiento para la situación y unificando las representaciones visuales de la planta.
- Organizar el conocimiento de la situación aportando un nuevo observador que la reformule desde un punto de vista externo "fresco" y neutral.
- Organizar la valoración correcta de la situación mediante el entrenamiento del operador en la versatilidad de la representación en el panel o en el monitor de control (mundo exterior).

Cuantificación de los errores humanos:

Tal como se ha indicado anteriormente, el error humano se presenta cuando el comportamiento humano o su influencia sobre el sistema, excede el límite de aceptabilidad prefijado. La valoración del error humano puede hacerse mediante la tasa de error humano que viene dada por el cociente:

$$\frac{\text{Número de errores por demandas}}{\text{Número de demandas}}$$

o bien por:

$$\frac{\text{Número de errores en el periodo de observación}}{\text{Periodo de observación}}$$

Entre los métodos de valoración del error humano se encuentran los siguientes:

a) Metodología THERP(anteriormente descrita en la legislación nuclear)

Esta técnica (iniciales de “*Technique for Human & Error Rate Prediction*”) fué ideada y desarrollada inicialmente por Swain, Rook y su equipo en el Laboratorio Sandia en 1962. La técnica ha evolucionado y ha sido perfeccionada de tal modo, que constituye un *standard* plenamente aceptado, y es el método más potente y sistemático para cuantificar la fiabilidad humana. Su última versión es de Swain&Guttman 1983.

THERP descompone las tareas humanas en una secuencia de actividades unitarias, las que se visualizan en un árbol de eventos conjuntamente con sus posibles desviaciones en forma de error de omisión o de comisión del operador. El evento básico que representa el error humano puede representarse como un subconjunto de nudos del árbol. De este modo, para calcular la probabilidad del suceso del evento básico o del nudo, basta multiplicar las probabilidades que se encuentran a lo largo del camino que conduce hacia el evento básico o el nudo correspondiente.

b) Otras técnicas

En el campo de la fiabilidad humana, que está en una evolución continua, existen otras técnicas disponibles, algunas anteriormente comentadas:

1. **SHARP (“*Systematic Human Application and Reliability Procedure*”)** es un método desarrollado por la compañía NUS Corporation (G.W.Hannaman, A.J.Spurgin, J.Wreathall 1983) que define una estructura basada en la experiencia y el análisis sistemático de las interacciones humanas en los estudios de fiabilidad humana.
2. **OAT (“*Operator Action Type*”)** es un método desarrollado por Hall, Fragola y Wreathall (NUREG/CR³3010 (Nov. 1982) y caracteriza cada una de las partes de la acción humana y sirve para cuantificar los errores, en particular cuando el tiempo desempeña un papel principal.
3. **PHECA (“*Potential Human Error Cause Analysis*”)** de Walley 1987, que es una técnica que relaciona los tipos de tarea, respuesta y error con las

causas fisiològiques, y las consideraciones ergonòmiques y del factor de forma del comportamiento.

4. **SHERPA y GEMS** (“**Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach with the Generic Error Modelling System**”). Es una técnica desarrollada por HRA (1986) y basada en la tecnología SHERPA, que identifica los tipos de errores posibles y las causas psicológicas que influyen en las tareas especializadas y basadas en reglas.

5. **METODO DE ANALISIS DEL TRABAJO**. Desarrollado en los laboratorios RISO (Pedersen 1985) define la secuencia de la tarea con rutas alternativas y puntos de recuperación de errores relacionados con modos de error externos y mecanismos de error psicológicos.

En general, todavía existe una laguna en el estudio del comportamiento humano desde el punto de vista de seguridad. Puede afirmarse que el hombre en su relación con las máquinas es una "persona que piensa". En la actualidad es normal todavía que se entrene a los operadores para que se acoplen a las máquinas, pero la realidad debería ser al contrario, es decir, que las máquinas fueran proyectadas para que se acoplaran a los hombres. De hecho esta tendencia es perfectamente clara en ergonomía, donde las máquinas se estudian para que se adapten al hombre. De este modo, la frecuencia de los errores humanos podría reducirse a un nivel comparable a los sistemas y a sus componentes.

4.2. Central Nuclear de Vandell s II.

La central nuclear Vandell s II cuenta con una unidad de producción eléctrica operada por la Asociación Nuclear Asc -Vandell s II, A.I.E. (ANAV), una Agrupación de Interés Económico formada por las compa n as Endesa e Iberdrola, propietarias tanto de la central nuclear Vandell s II (72% Endesa, 28% Iberdrola), como de las dos unidades de la central nuclear Asc : CN Ascó I (100% Endesa) y CN Ascó II (85% Endesa, 15% Iberdrola).



Fig. 17. Panoràmica de la Central Nuclear de Vandellòs II.

Vandellòs II, con una potencia instalada de 1.087,1 MWe, obtuvo el permiso de construcción el 29 de diciembre de 1980. Su primer acoplamiento a la red eléctrica tuvo lugar el 12 de diciembre de 1987 y su operación comercial se inició el 8 de marzo de 1988. Además de la planta, el emplazamiento de Vandellòs II cuenta con la sede de ANAV, donde trabaja el personal de las direcciones corporativas de ANAV. En total, Vandellòs II cuenta con cerca de 1.200 profesionales, entre personal de ANAV en la planta, personal de ANAV en la sede corporativa y personal procedente de empresas colaboradoras estables. A esta cifra cabe añadir las cerca de 1.000 personas que suelen incorporarse en los periodos de recarga para acometer las actividades de mantenimiento, mejora y cambio de combustible programadas.

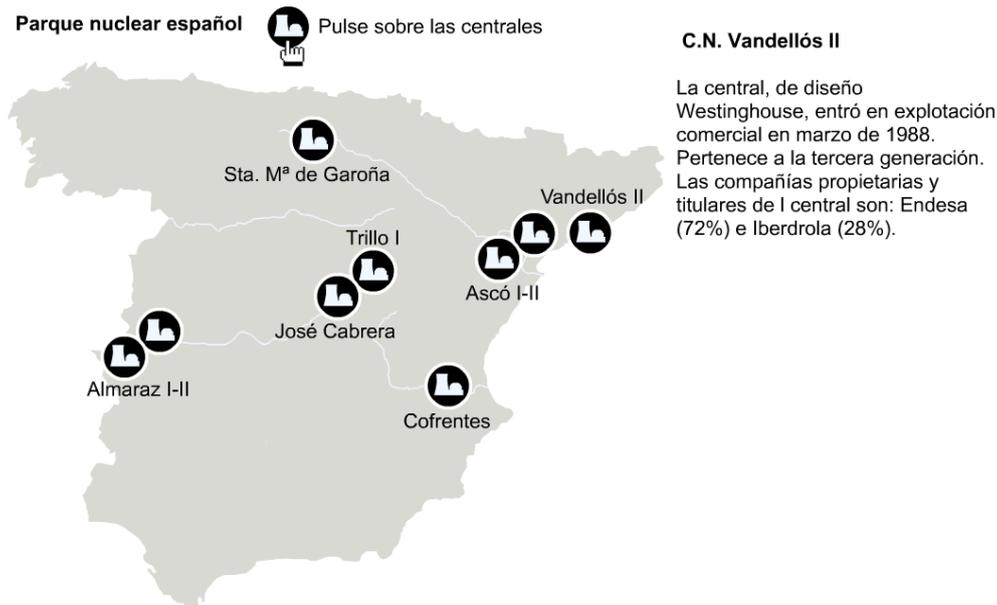


Fig. 18. Imagen CSN, Centrales Nucleares Españolas.

Su funcionamiento:

En una central nuclear el calor que genera la fisión de átomos de uranio se convierte en energía mecánica y ésta en electricidad gracias al diseño y funcionamiento en este proceso de los tres circuitos que configuran su esquema funcional: circuito primario, circuito secundario y circuito de refrigeración. Pese a la relación entre los tres circuitos, cada uno de ellos es estanco respecto a los otros. La central nuclear Vandellòs II es, como las dos unidades de Ascó, del tipo PWR (*Pressurized Water Reactor* – Reactor de Agua a Presión-).

El circuito primario, que se encuentra en el edificio de contención cuenta con tres elementos principales: el reactor, el presionador y los generadores de vapor.

El reactor aloja los elementos combustibles de uranio enriquecido. En su interior, la fisión de los núcleos de uranio provoca una gran fuente de calor que calienta el agua que circula por el circuito primario. El presionador permite que la presión del agua, que llega a una temperatura de entre 291 y 327 grados, se mantenga a 157 kg/m².

El agua calentada en el circuito primario pasa por el interior de unos tubos situados en los tres generadores de vapor, lo que permite calentar el agua del circuito secundario convirtiéndola en vapor.

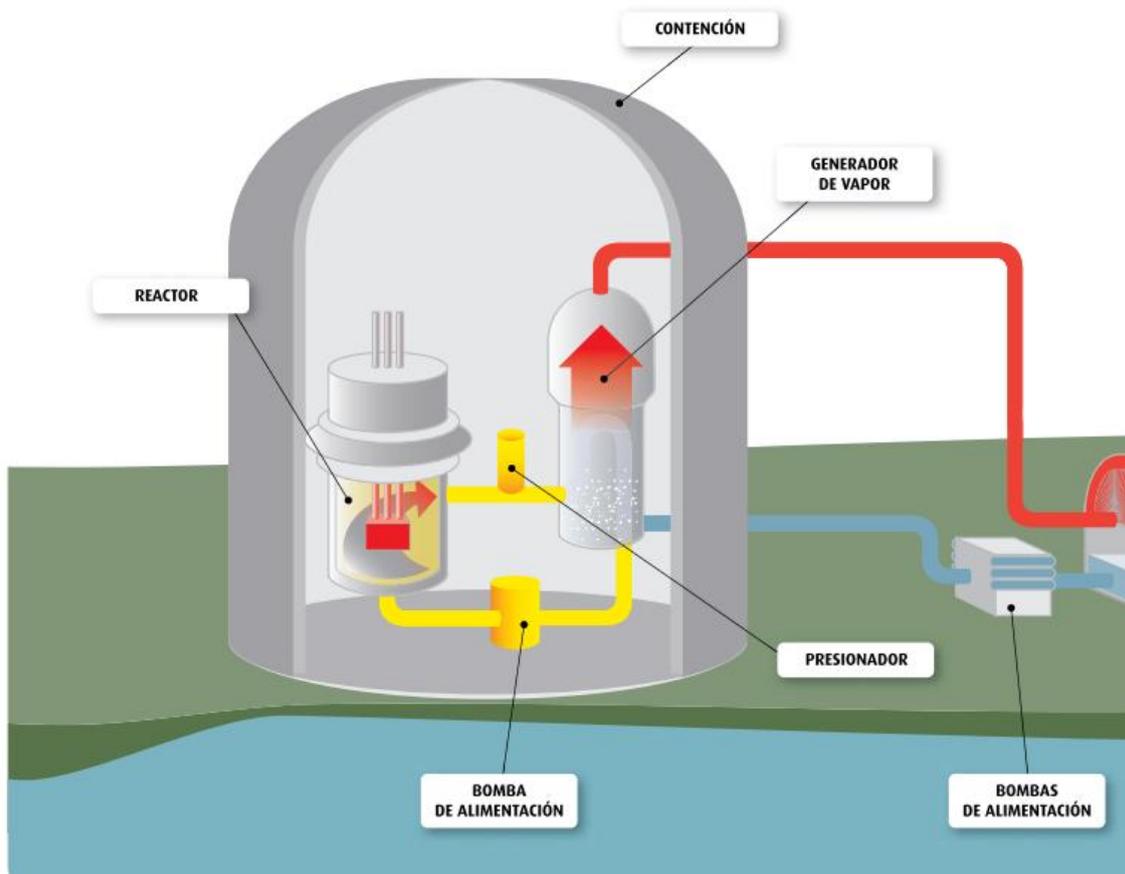


Fig. 19. Esquema de funcionamiento CN de Vandellòs II. Página web ANAV.

El circuito secundario tiene también tres elementos principales: la turbina, el generador eléctrico y el condensador. El vapor producido en los generadores de vapor pone en movimiento la turbina que, a su vez, mueve el generador eléctrico para producir corriente eléctrica.

Esta electricidad se eleva de tensión en los transformadores y se acopla a la red eléctrica para su distribución y consumo. Por su parte, el vapor que ha movido la turbina se enfría en un condensador, gracias al circuito de

refrigeración, y el agua resultante vuelve al generador de vapor para poder iniciar nuevamente el ciclo. El circuito de refrigeración de la central nuclear Vandellòs II toma el agua del mar Mediterráneo y enfría el vapor del circuito secundario después de que haya pasado por las turbinas. Este proceso provoca una transferencia de calor de un circuito a otro, de manera que el agua del circuito vuelve al mar una vez realizada la función de refrigeración.

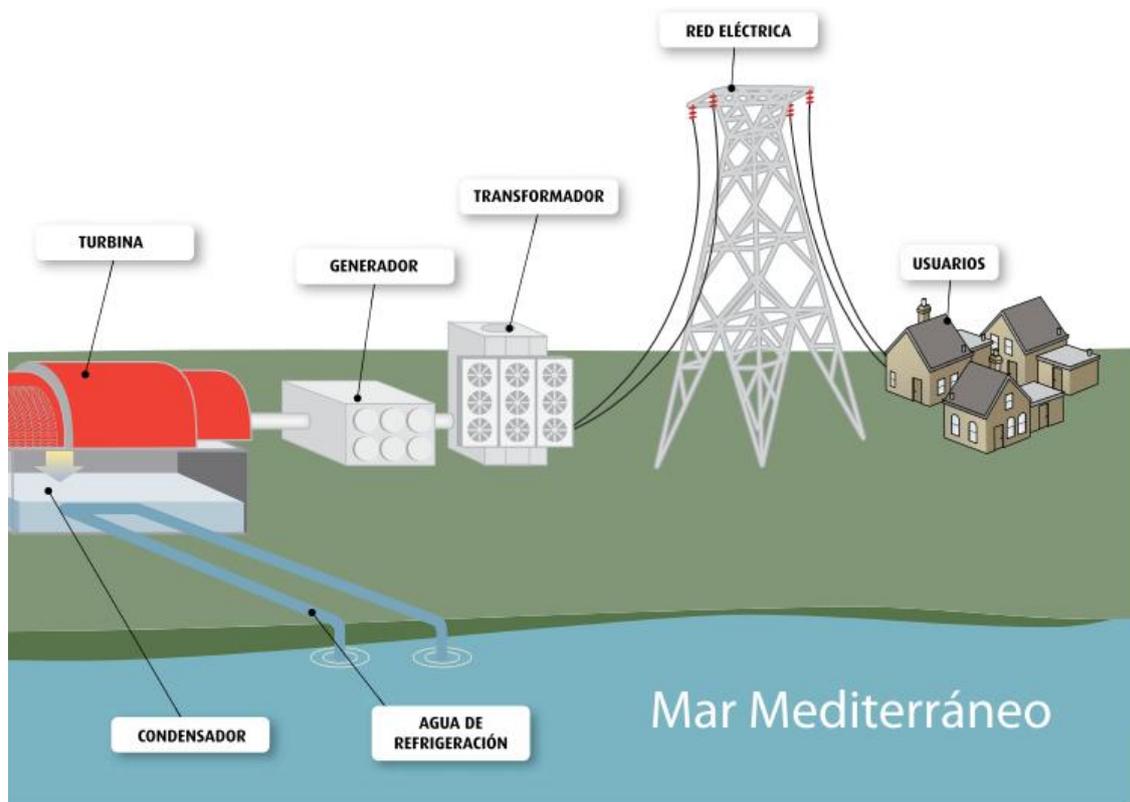


Fig. 20. Esquema de funcionamiento CN de Vandellòs II. Página web ANAV.

5. NECESIDADES:

5.1. Exposición del caso.

Anteriormente en el objeto del presente proyecto, hemos comentado que existe una demanda por parte de ANAV, para el establecimiento de un programa de reducción de error humano y posterior aplicación en la central nuclear de Vandellos II.

Esto es debido a que existen una serie de necesidades por parte de la misma central nuclear, en cuanto a gestión del error humano y su prevención para un mejor funcionamiento de los trabajos.

Lainsa oferta una serie de trabajos específicos a la misma central nuclear desde hace tiempo, los cuales siguen unos procedimientos específicos ya establecidos:

- *LAI-CNV-DCR-01 Descontaminación Superficies*
- *LAI-CNV-LEQ-02 Limpieza del haz tubular de condensadores e intercambiadores de C.N. Vandellós II*
- *LAI-CNV-DCR-03 Descontaminación del Taller de Descontaminación*
- *PA-307 Gestión de andamios y plataformas de trabajo*
- *PA-305 Pre-Jobs Briefing*

El caso no es modificarlos, sino estudiarlos e indicar en qué puntos de los mismos hay puntos conflictivos que pueden derivar en error humano o riesgo de que aparezcan.

Para adoptar unas medidas de mejora, aumento de la prevención y sobretodo hacer más competente al personal de actuación.

6. PROCEDIMIENTOS:

Los trabajos se realizarán en los lugares que son focos de concentración de residuos, concretamente en:

Esquema funcional Vandellòs II

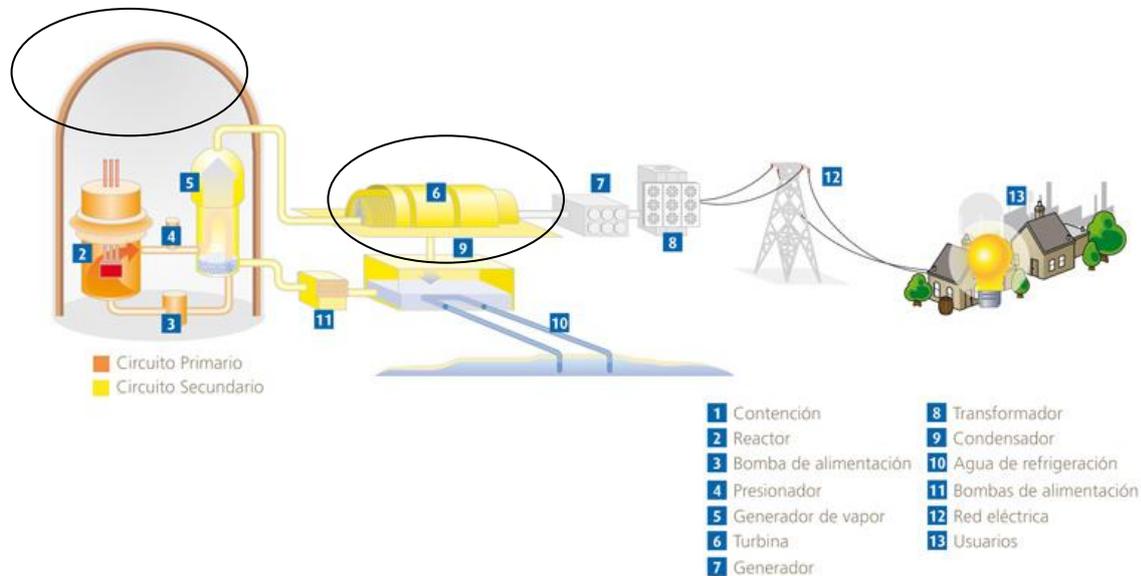


Fig. 21. Esquema funcional Vandellòs II. CSN.

- En el doble edificio de contención: se realizarán trabajos de descontaminación y limpieza en el periodo de recarga de combustible (Los elementos combustibles que se extraen de la vasija del reactor, tras su depósito en las piscinas de almacenamiento de combustible irradiado durante un determinado período de tiempo para que decaiga su actividad, serán tratados en plantas de reprocesamiento aprovechando la parte útil de ellos y el resto serán embidonados y almacenados definitivamente).
- En el edificio de turbinas: debido a que es un edificio BWR y contiene vapor radiactivo.

Son zonas vigiladas y zonas controladas.

La **forma de actuación** será la siguiente:

- Describiremos los procedimientos actuales de LAINSA, donde el equipo humano analizará las posibles situaciones o hipótesis de error que se puedan cometer.

- Se valorarán dichos errores y se plantearán las consecuencias de los mismos.
- Esas hipótesis de error, valoraciones y consecuencias se analizan en reuniones de trabajo con el equipo humano, en las cuales se establecían unas prioridades de actuación.
- El equipo humano de ANAV y LAINSA establecerá una metodología de actuación en planta o programa de reducción de error en planta, tanto para operarios como para cargos superiores, mediante herramientas para integrar la seguridad a todos los posibles focos de error.

6.1. LAI-CNV-DCR-01 Descontaminación Superficies:

a. Contaminación en equipos y suelos (ocupando una superficie pequeña):

1- Se procederá a retirar el grueso de la contaminación de los equipos, sistemas, paramentos, etc, mediante paños blancos, aspiradoras, cepillos, espátulas, etc.

2- Se trata la contaminación restante con el producto adecuado a cada tipo de contaminante y que sea compatible con la superficie-depósito.

3- Se retira el producto de tratamiento y contaminante, mediante paños, aspiradoras, etc.

4- Se enjuagará la zona tratada anteriormente con agua desmineralizada, eliminando el producto utilizado.

5- La unidad de prevención chequeará las superficies y si continúan contaminadas, se frota con cepillos de fibra, acero inoxidable, etc. (dependiendo del material) impregnado en el producto adecuado a cada caso.

6- Se vuelve a enjuagar con agua desmineralizada hasta eliminar los restos de productos y se procede a su secado.

7- La unidad de prevención chequeará nuevamente las superficies y en caso de que persista la contaminación, en función de los niveles de la misma, se volverá a realizar la retirada del mismo de nuevo.

b. Contaminació en suelos ocupando una superficie amplia.

1- Se delimitará la zona contaminada, se procederá al motofregado de la zona con cepillos de nylon y detergentes, se aspira la superficie.

2- La unidad de prevención chequeará la superficie y en caso de que los resultados no fuesen satisfactorios, se repetirá de nuevo el proceso.

3-Si después de haber repetido el tratamiento anterior persiste la contaminación, sin haber conseguido los niveles deseados, la unidad de prevención decidirá sobre la conveniencia o no de continuar el trabajo.

c. Contaminación en superficies de cubículos, equipos, tuberías y otros elementos que por sus características (envergadura de trabajo, dificultad de acceso a los distintos puntos de la superficie o elevada tasa de dosis en la zona) aconsejen emplear sistemas de descontaminación mediante agua caliente pulverizada en chorro de abanico.

1- Se delimitará la zona a tratar y se instalarán zonas de paso provisionales mientras dure el trabajo. Se restringirá el paso a la zona de forma que solo pueda acceder el personal directamente implicado en la limpieza y/o descontaminación.

2- Se protegerán con plástico todos los equipos, o la parte de los mismos, susceptibles de ser afectados, según lo acordado en la visita previa. Cuando la descontaminación se realice en los edificios de Combustible o Contención se tendrá en cuenta que está prohibida la utilización de plásticos transparentes en dichos edificios.

3- Se realizará el lavado con agua caliente pulverizada mediante equipo de presión y tobera de abanico.

4- Se realizará el lavado comenzando por las zonas más altas e incidiendo en aquellas con mayor grado de suciedad y/o contaminación.

5- No se incidirá con el chorro de agua pulverizada en aquellas zonas que aunque estén plastificadas son susceptibles de ser afectadas por el agua.

6- El agua empleada en la limpieza y/o descontaminación, se canalizará a los sistemas de drenaje de los edificios.

7- Tras finalizar la limpieza y/o descontaminación se procederá al aspirado de todos los puntos en los que permanezca agua depositada.

8- Una vez que estén secas las superficies tratadas, la U.O. de P.R. realizará medidas radiológicas que permitan determinar la efectividad de la descontaminación. Si continúan las superficies con contaminación desprendible, LAINSA y la U.O. de P.R., evaluarán la conveniencia o no de insistir en la descontaminación.

9- Una vez finalizado el trabajo se retirarán las zonas de paso y las restricciones que afectarán a la zona como consecuencia del trabajo.

Hay que tener en cuenta que el trabajo se desarrollaría en espacios confinados y con presencia de radiación, donde se tiene mucha precaución en el mundo nuclear, sin embargo en el industrial es donde se producen en gran parte los accidentes, muchos de ellos mortales por falta de oxígeno, se deben al desconocimiento de los riesgos presentes. Por esta causa, un 60% de las muertes ocurren durante el auxilio inmediato a las primeras víctimas.

Análisis del procedimiento:

Fallos/Carencias:

- Fallo de ejecución en la descontaminación. (Errores de utilización de equipos o mala elección del mismo)
- Fallo en el control de la descontaminación.
- Error de comprobación de los EPIS a utilizar. (No haber evaluado correctamente la exposición.)
- Dejarse un objeto olvidado o atascado en algún punto de riesgo de la instalación.
- No registrar el proceso al finalizarlo.
- No disponer de suministro de equipos o productos.

Consecuencias:

- Acumulación de residuos.
- Falta de efectividad, residuos nocivos para la salud.
- Enfermedades profesionales, accidentes con el personal.
- Accidente grave según punto de la instalación, posibilidad de avería o catástrofe.
- Falta de competencia y efectividad en el planteamiento del procedimiento.

Sacando estas hipótesis de error, deducimos que los factores a desarrollar son los de ejecución-atención y control-ejecución-previsión. Se realizarán las formaciones necesarias al grupo de trabajo y se realizarán pruebas preparatorias. Por otra parte se realizará un estudio y una previsión conjunta de operarios y jefes de equipo para disponer con los técnicos de prevención los elementos necesarios de trabajo y de seguridad.

6.2. LAI-CNV-LEQ-02 Limpieza del haz tubular de condensadores e intercambiadores de C.N. VandellòsII:

a. Limpieza mediante frotadores y equipos especiales:

1- Conectar las líneas de aire y agua a la pistola, o las líneas de agua al equipo de presión.

2- Cargar el número de tapones o frotadores deseado, en función del número de tubos a limpiar.

3- Empujar el frotador en su tubo con la pistola, hasta que la boquilla cónica asiente perfectamente en el tubo.

4- Apretar el gatillo, para que la presión del aire y del agua impulsen el frotador a través del tubo, y arrastren en su desplazamiento los depósitos de suciedad hasta el extremo opuesto.

5- La extracción de frotadores atascados se realizará mediante agua a presión o baquetas. Caso de ser imposible la extracción se comunicará a la supervisión.

6- Los frotadores se podrán reutilizar en máximo de cuatro (4) veces, para que la limpieza sea efectiva. Después de este uso, si fuera necesario, se procedería a la colocación de tapones nuevos.

b. Limpieza con agua a presión:

1- Conectar los equipos de presión, comprobando que esta es la adecuada.

2- Embocar la punta del cañón de la pistola en el tubo a limpiar.

3- Apretar el gatillo y mantenerlo apretado hasta detectar que el agua sale libremente por el extremo opuesto del tubo.

Análisis del procedimiento:

Fallos/Carencias:	Consecuencias:
-Error de conexión de las líneas a los equipos.	-Pérdida de presión, salida de las líneas.
-No retirada del atasco	- Falta de efectividad, residuos nocivos para la salud.
-Excesivo uso de los frotadores	- Desgaste de la instalación.
-Exposición prolongada	-Enfermedades profesionales, accidentes con el personal.

El error principal de este procedimiento reside en la ejecución y la atención del mismo.

6.3. LAI-CNV-DCR-03 Descontaminación de equipos y herramientas en el taller de Descontaminación:

El método dependerá de las características de la pieza:

- Nivel de contaminación.
- Volumen.
- Uso posterior.
- Naturaleza (físico-químico): Boro, óxido, grasa o aceite, agua, polvo u otras sustancias en general.

La metodología a seguir será casi siempre la misma en todos los casos:

Sumergir en un producto desengrasante, frotado de la pieza, retirada del desengrasante y secado de la pieza y evaluación posterior.

Análisis del procedimiento:

Fallos/Carencias:

- Elección errónea del desengrasante
- Exposición a diferentes componentes
- Rotura de piezas durante la limpieza
- Derrames al sumergir la pieza
- Incorrecta elección de los EPI

Consecuencias:

- Falta de efectividad de gestión.
- Residuos nocivos para la salud.
- Elementos sueltos, proyecciones al personal
- Enfermedades profesionales, accidentes con el personal.
- Enfermedades profesionales, accidentes con el personal.

En este procedimiento existen más errores de control y gestión, los cuales se tratarían en las reuniones previas y posteriores a los trabajos.

6.4. PA-307 Gestión de andamios y plataformas de trabajo

Este procedimiento es también importante ya que el montaje del andamio provoca serias consecuencias si no se controlan los trabajos en el mismo o existe un mal montaje. Sin embargo no describiremos el montaje del mismo y pasaremos a establecer los posibles errores o factores de error en su montaje y utilización:

Fallos/Carencias:

- Mala configuración del espacio.
- Montaje no supervisado.
- Mal estado de las uniones entre elementos del andamio o entre andamio y superficie de trabajo.
- No verificar cada vez que se utiliza.
- Limpieza y orden en el espacio de trabajo.
- Caídas a distinto nivel.

Consecuencias:

- Falta de efectividad de gestión y control, caídas por obstáculos o elementos sueltos, lesiones físicas importantes.

Se dispondrán especialistas que monten y desmonten andamios, además de supervisar su montaje por el técnico competente y asegurarse de todos los elementos de seguridad por parte del técnico de prevención.

En su utilización se realizará cada vez un *check-list* de comprobación que deberán rellenar los operarios y recoger el técnico de prevención de LAINSA para su análisis.

6.5. PA 305- Pre-Job Briefing- Post-Job Debrief:

El procedimiento PA-305 *Pre-Job Briefing* (reuniones previas al trabajo) tiene el propósito de prevenir la ocurrencia de errores durante ejecución de trabajos u operaciones y *Post-Job Debriefs* (reuniones posteriores al trabajo) para capturar las lecciones aprendidas que puedan ayudar a mejorar la próxima ejecución del trabajo.

Análisis del procedimiento:

Fallos/Carencias:

-No realizar las preguntas pertinentes o no responder de forma clara y concisa.

Consecuencias:

-Errores de concepto, daños en la salud o la instalación

Se realizarán las reuniones con todos los mandos operacionales, tanto operarios, como prevencionistas como ingenieros y se realizarán actas de esas reuniones, estableciendo y repasando las funciones, plan de trabajo y sugerencias, de forma que no dé pie a la improvisación, ni a la duda.

7. METODOLOGIA:

7.1. Programa “Red-Er”

Grupo Dominguis pone en marcha el programa piloto **RedEr** en la central nuclear Vandellòs II, una iniciativa relacionada con la cultura de seguridad y destinada a reducir errores humanos. El proyecto, para cuya realización se ha contado con la colaboración de la consultora británica *Human Performance Leadership* (HPL), está alineado con el programa PROCURA, que desarrolla la Asociación Nuclear AscóVandellòs (ANAV) para mejorar la cultura de seguridad, y con las directrices del Plan de acción de cultura de seguridad del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).



Fig. 22. Imagen programa RedEr.

El programa RedEr contempla **tres objetivos principales:**

- 1- garantizar la seguridad de las intervenciones en las instalaciones del cliente
- 2- mejorar la calidad del servicio ofertado, evitando la posible repetición de trabajos
- 3- mantener la siniestralidad laboral a cero.

Para ello, se están siguiendo varias líneas de actuación.

Entre las principales, se encuentran:

- Asegurar la concienciación del personal sobre la importancia de los sistemas sobre los que actúa y las posibles consecuencias de los errores que se pudieran cometer, mediante la reflexión previa a la realización de los trabajos.
- Asegurar que las incidencias se reportan abiertamente, para lograr una mejora continua.
- Incrementar la presencia del personal de supervisión y dirección en los puntos de realización de las actividades para potenciar su liderazgo.

La idea es que este programa se aplique a otros centros y se amplíe a todas las actividades de la empresa, dentro del compromiso con la seguridad; entendiendo ésta no solo como el cumplimiento de normas y procedimientos sino como un aspecto cultural interiorizado por todo el personal.

Con lo que se enfatiza más la cultura de seguridad de la empresa, integrandola en los individuos y creando un programa de trabajo el cual tiene una retroalimentación o “feedback” para poder mejorarlo cada vez que se utilice en otros centros y disponer de un sistema más perfeccionado.

7.2. Porque HPL

LAINSA, ha firmado un acuerdo con *Human Performance and Leadership Ltd* (HPL), importante consultoría del Reino Unido especializada en reducción del error humano en sectores como el nuclear, petroquímico, aviación y hospitalario, mediante el cual ofrecerán de forma conjunta servicios de *coaching*, consultoría y auditoría.

- Dispone de experiencia en trabajos en el ámbito nuclear.
- Dispone de una metodología ya adecuada al individuo en sí y no a los procedimientos, lo cual está alineado con la cultura de seguridad que ANAV demanda y con su política de fallo 0.
- Su forma de actuación y esquema de funcionamiento, son una herramienta muy útil y que se relaciona muy bien con los trabajos que LAINSA oferta:

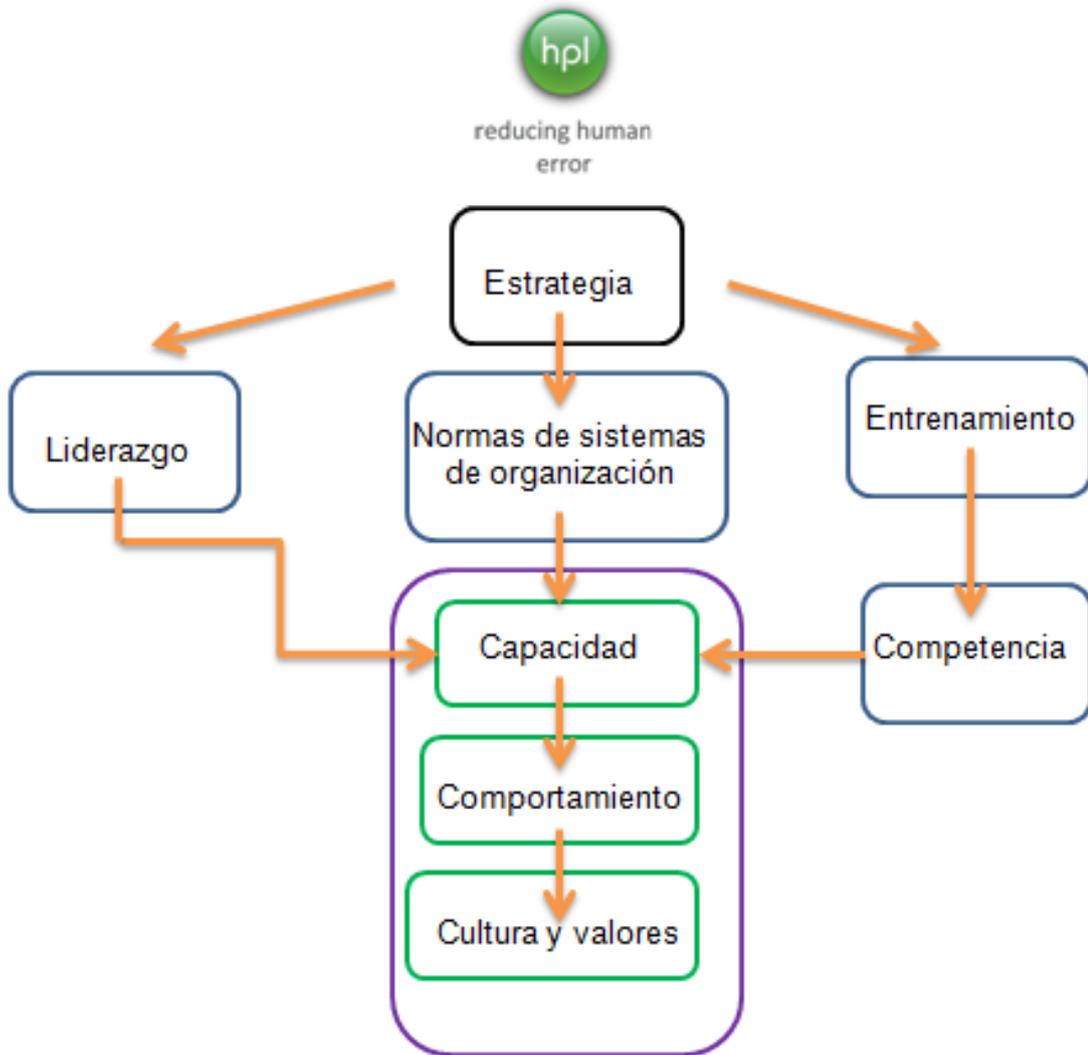


Fig. 23. Esquema de funcionamiento HPL.

8. DISEÑO DEL PLAN DE TRABAJO:

8.1. Esquema de funcionamiento

Con el siguiente esquema, daremos una visión general de los pasos a seguir para establecer el plan de trabajo del programa:

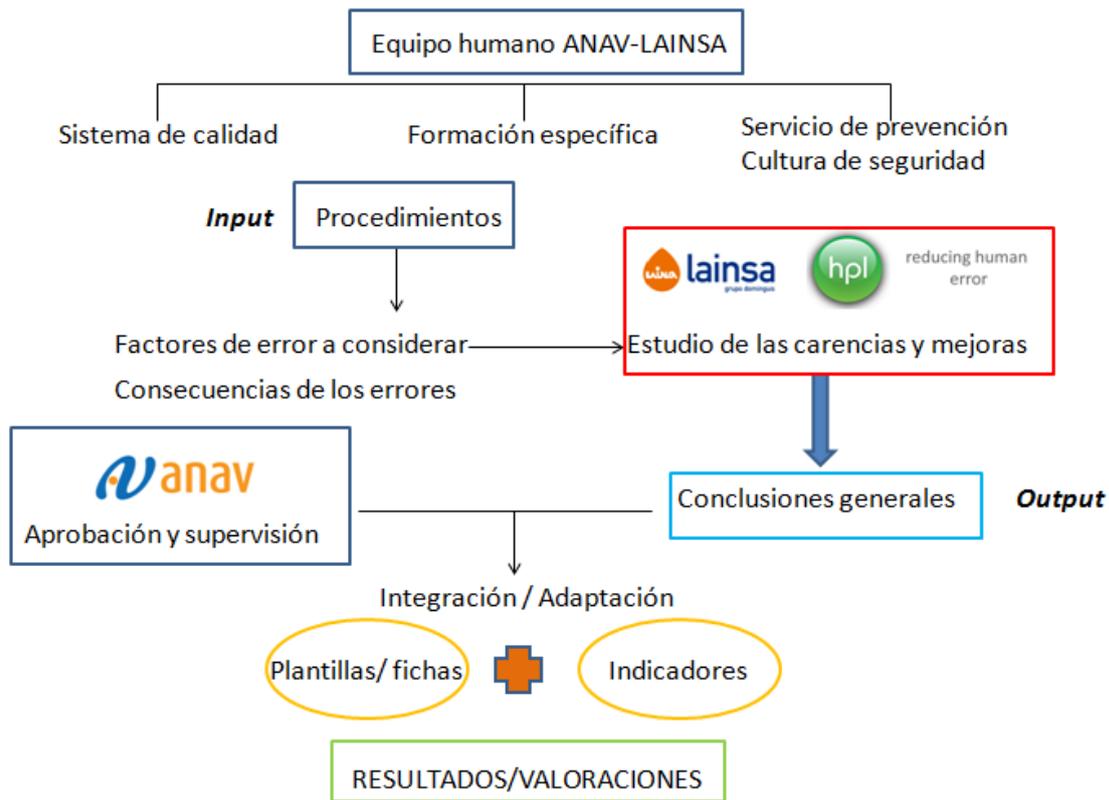


Fig. 24. Esquema de funcionamiento Programa.

8.2. Equipo de trabajo fase de estudio

Se constituye un grupo de trabajo formado por:

- 1 miembro del área de I+D+i del grupo (Titania)
- 1 representante de la consultoría experta en Factor Humano (HPL)
- 1 miembro del Departamento de Sistemas de Gestión (personal en prácticas)
- Técnico de seguridad de la empresa en centro Vandellòs.
- En ocasiones también participaba el Director de Sistemas de Gestión del Grupo

Será el personal encargado de realizar la fase previa a los trabajos (estudio), reuniéndose según la planificación temporal y tratando de extraer las herramientas necesarias para la efectividad del programa.

8.3. Primeros trabajos del programa

- En primer lugar se realiza una reunión en la cual está presente todo el equipo de trabajo.
- En ella se estudian los fallos y carencias de los procedimientos descritos en el capítulo 6 y se llegan a unas conclusiones primarias, las cuales se interrelacionan con la metodología aportada por HPL:
- Definición de una base de datos específica para el registro de incidencias y de los resultados de las observaciones de tareas.
- Adaptación del material informativo y formativo (Cartelería, trípticos, presentaciones, etc) aportado por HPL. (Traducción y adaptación, incluyendo ejemplos y prácticas concretas.)
- Planificación de las actividades alineándolas con el plan del cliente.
- Diseño de las actividades formativas adaptando las sesiones generales de HPL a la problemática concreta.
- Diseño de la campaña de comunicación (*Talkingheads video*, reuniones con la propiedad y los sindicatos para dar a conocer el plan)

Hasta este punto sabemos, el “que está mal”, “que puede suceder si ocurre” y “que podemos hacer para remediarlo”, pero tenemos que establecer el “como” y “cuando”

8.4. Planificación temporal de los trabajos

En la siguiente planificación están establecidos todos los trabajos necesarios para que se realice programación correctamente, en el tiempo estipulado.

Hay 2 partes a diferenciar:

- Teórica
- Práctica

Sabemos que la parte teórica es donde se establecen las herramientas a realizar antes de los trabajos y donde se aplican.

La parte práctica tenemos que decir que por el carácter temporal de las prácticas, no tendremos la posibilidad de asistir a todo el proceso, pero tendremos datos suficientes para saber que el programa es válido y competente.

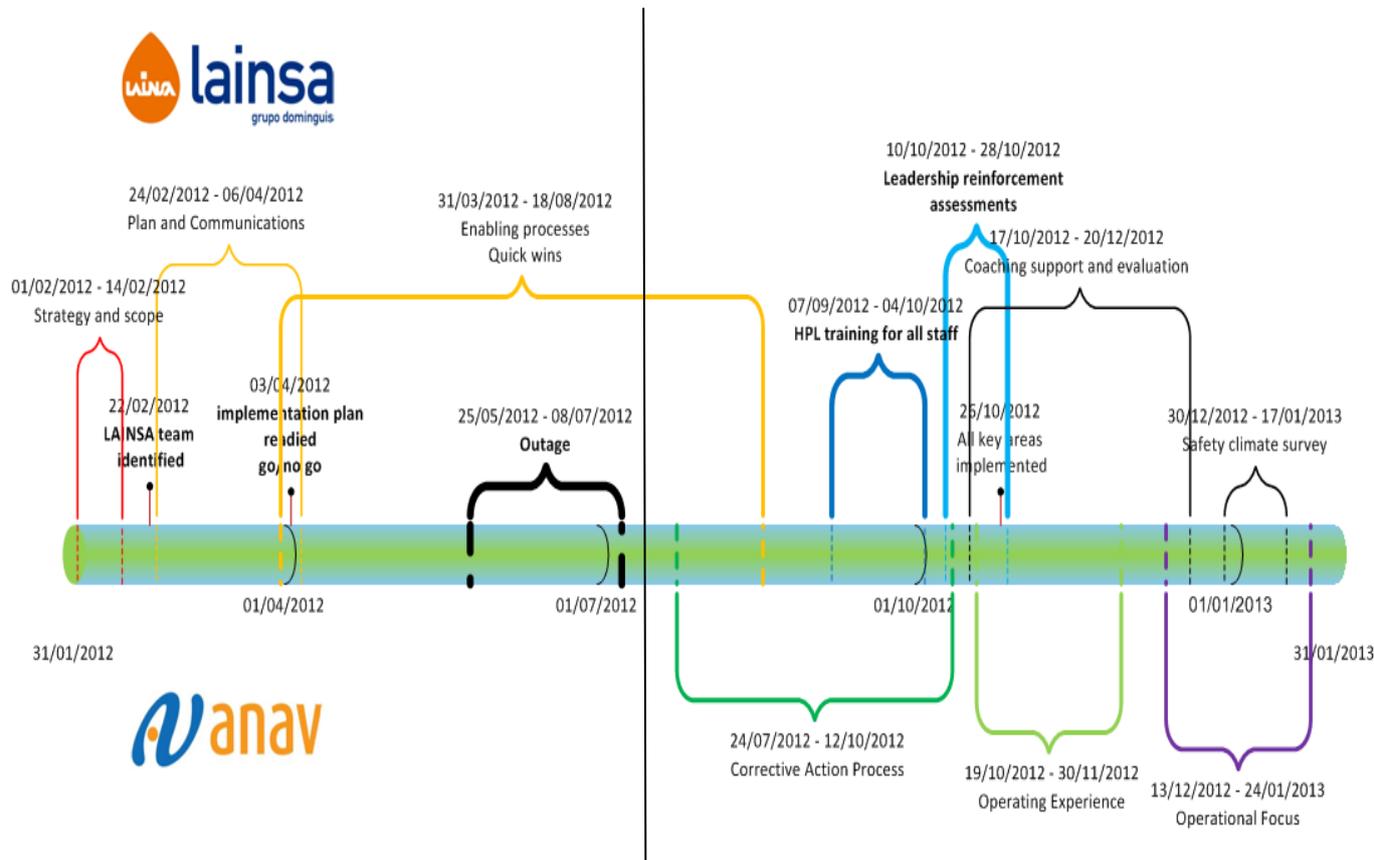


Fig. 25. Planificaci3n temporal de los trabajos.

Seguimiento de la planificaci3n hasta la l3nea negra:

- Se define la estrategia a seguir y el alcance de la misma.
- Definici3n del equipo de trabajo.
- Planificaci3n y comunicaciones o reuniones (herramientas a establecer para que se apliquen en la parte pr3ctica).
- Implementaci3n del plan o aplicaci3n a los trabajos in situ, hasta el per3odo de recarga de combustible de la central nuclear.
- Primeras indicaciones del programa o “quick wins” del primer mes.

Después de tener los resultados iniciales del programa, los cuales se indicaran más adelante, se establece un proceso de mejora o de correcciones al programa, los cuales no podremos añadir en este trabajo por el carácter temporal de las prácticas en empresa, pero si podremos saber los datos posteriores para tener una evaluación del programa y así integrarlo para que sea una herramienta de trabajo efectiva para otra ocasión.

9. HERRAMIENTAS DESARROLLADAS

9.1. Programa Red Er

Como resultado de las anteriores conclusiones, el **grupo de trabajo** opta por diseñar una **herramienta** que aporta HPL y a la vez evoluciona por la situación de estudio, centrada en el individuo y en las premisas anteriormente descritas.

Se dará la **formación** a los operarios que estarán en el grupo de trabajo en planta, dando un organigrama y una cadena de mando para la correcta ejecución.

Se realizara un **control en planta** realizando las reuniones pre-job y post-job (antes y después de los trabajos) con todos los integrantes del procedimiento, además de crear unas **fichas y posters** con preguntas consensuadas entre la directiva y los operarios que intentan integrar la seguridad en todo momento y se bautiza como **programa “RedEr”**.

Como habíamos comentado el trabajo se centra en 3 puntos:

- 1- Prevención de riesgos y medioambiente
- 2- Seguridad nuclear
- 3- Rework (mejora continua)

El Programa de “Reducción del Error Humano (RedEr) de Lainsa” es un conjunto de iniciativas destinado a:

- Fomentar aún mas entre el personal de Lainsa la Cultura de Seguridad
- Incrementar las presencia en obra de nuestro personal supervisor a todos los niveles
- Establecer unas herramientas de trabajo que permitan minimizar la posibilidad de errores en nuestro trabajo
- Asegurar la comunicación de las incidencias que afectan a nuestro trabajo y aplicar soluciones para que no se repitan.

Se trata de un proceso diseñado para:

- Aumentar la visibilidad de los líderes en el lugar de trabajo para que la gente pueda hablar.
- Aumentar la visibilidad de los posibles errores de situaciones o condiciones, informando y trabajando juntos a fin de resolverlos.

- Aumentar el reconocimiento de las buenas prácticas y el hecho de que aquellos que suelen hacer el trabajo tienen la solución para mejorar la forma de realizarlo.

Rendimiento Humano y Liderazgo – Los Mensajes Clave

- Permite a la gente hacer lo correcto, de la manera correcta, a la primera, cada vez.
- Haz lo correcto – sistemas de apoyo listos para apoyar “ser capaz de hacer lo correcto”
- La manera correcta – que las personas puedan entender su impacto en el trabajo que hace la organización y saber hacer las cosas bien, de la manera correcta.
- Primera vez – permitiendo a la organización apoyar individuos y equipos para hacer las cosas bien, de la mejor forma posible, a la primera.
- Cada vez – Creación de oportunidades de aprendizaje y mecanismos que permitan la organización y que la gente haga lo correcto de la manera correcta, a la primera, siempre.

Tenemos diferentes niveles de riesgo en cada trabajo y en función del mismo realizamos uno de los procesos clave:

- 1º nivel-Menor riesgo- **autorreflexión**
- 2º nivel-Mayor riesgo- **las 5 preguntas**
- 3º nivel-Riesgo elevado-**PRE-Job briefing**



Fig. 26. Ficha de preparació para los trabajos.

El riesgo lo determinará el Técnico de seguridad de LAINSA mediante una evaluación según actividad, trabajo, exposición, etc. Y lo comunicará al jefe de equipo, para establecer

En el 1º nivel: Autorreflexión, el personal debe reflexionar de forma individual sobre el trabajo que va a realizar, plantearse todo lo necesario para realizar el trabajo, que con ello repasa el procedimiento y por último debe informar de las incidencias que se encuentre en el desarrollo del mismo.

- ¿Qué es? Una reflexión personal individualizada de los pasos a seguir para realizar su actividad.
- ¿Cuándo se realiza? Previo a ejecución de los trabajos, con un nivel de riesgo menor que cualquiera, pero que entraña posibilidad de error.
- ¿Quién participa y quien lo lidera? Participa todo el personal del equipo de trabajo en planta, conjuntamente con el jefe de equipo quien repasara los pasos a seguir para realizar la actividad.
- ¿Qué incluye? La tarjeta y un inventario de material y recursos del cual se deben disponer en cada grupo de trabajo.

- ¿Qué se registra y donde? Se registra si se ha realizado el nivel 1 y si existe alguna incidencia al finalizar el trabajo. Se dispondrá de una plantilla como si fuese un parte de trabajo, el cual lo rellenara el jefe de equipo y lo trasladará al Técnico de prevención de LAINSA.

LA PLANTILLA DE REGISTRO NO SE ENCUENTRA EN LA PRESENTE TESINA FINAL DE MÁSTER, DEBIDO A QUE ES DE CARÁCTER PRIVADO.

En el 2º nivel: Las 5 preguntas y recogida de las incidencias.

Consiste en pequeñas reuniones de preparación del trabajo previas a la ejecución de los mismos, reflexionando brevemente sobre 5 preguntas antes de empezar.



- 1 ¿Hemos realizado este trabajo con anterioridad?**
¿Qué sucedió la última vez que hicimos este trabajo? Resumen de tareas y revisión.
- 2 ¿Cuáles son los pasos críticos a tener en cuenta?**
Revisar el alcance de los trabajos, la experiencia previa y los procedimientos.
- 3 ¿Qué errores podemos cometer?**
Anticipar los posibles riesgos y errores, especialmente en los pasos críticos.
- 4 ¿Qué es lo peor que podría ocurrir?**
Prever posibles consecuencias de los errores y discutir que va a pasar probablemente.
- 5 ¿Qué medidas podemos adoptar para evitar el error?**
Identificar qué técnicas de reducción de error podemos usar y acordar como serán usadas.

Fig. 27. Ficha de las 5P.

- ¿Qué es? Es un Pre-Job o pequeña reunión previa a la realización de los trabajos, donde se reflexiona sobre los pasos a seguir y se matizan los riesgos que existen en la actividad.
- ¿Cuándo se realiza? En trabajos con nivel de riesgo medio, donde se necesita algo más que la auto reflexión de 2 minutos, pero la propiedad no nos requiere un Pre-Job formalmente.

- ¿Quién participa y quien lo lidera? Participa el equipo que vaya a realizar el trabajo y lo lidera el Jefe de Equipo, junto con el Técnico de Prevención de LAINSA.
- ¿Qué incluye? Una ficha de trabajo para cada trabajador, junto con un cuestionario de 5 preguntas, las cuales se realizan junto con el jefe de equipo y se entrega al Técnico de Prevención.
- ¿Qué se registra y donde? Se registra si se ha realizado el nivel 2 y si existe alguna incidencia en la realización de los trabajos. La plantilla de registro será la misma que para el nivel 1 y lo recogerá el Técnico de Prevención de LAINSA.

Ejemplos:

- Es un trabajo muy poco frecuente o lo realizamos por primera vez
- En la última ejecución del mismo trabajo se produjeron imprevistos.
- Tu área de trabajo habitual ha cambiado:
 - Equipos desmontados
 - Descargos
 - Otros Trabajos en proximidad
- Se ha incorporado nuevo personal al equipo.
- El procedimiento de trabajo ha cambiado
- Existe riesgo de caída al mismo o a distinto nivel.
- Hay manejo manual de cargas pesadas.
- Hay equipos de trabajo o maquinas en movimiento.
- Existen factores externos que aumentan el riesgo de error (ruido temperaturas extremas, alta tasa de dosis, poca luminosidad).

Los formatos de las tarjetas y los carteles se estudiaron de forma que las personas entendieran fácilmente todas las preguntas y que automáticamente se autoevalúen para que así estén realizando seguridad indirectamente.

¿Cuándo debemos considerar hacernos las 5P?

Se ha diseñado un poster, en el cual aparecen las situaciones más idóneas para que el grupo de trabajo plantee el nivel de riesgo y así realizar las 5P.

Programa de Lainsa
para la reducción
del error humano.

**PROGRAMA
RedEr** 

**Debes considerar usar
Las 5 Preguntas cuando:**

- Tu área de trabajo habitual ha cambiado:
 - Equipos desmontados
 - Descargos
 - Otros Trabajos en proximidad
- Existe riesgo de caída al mismo o a distinto nivel.
- Hay manejo manual de cargas pesadas.
- Hay equipos en movimiento.
- Se ha incorporado nuevo personal al equipo.
- El procedimiento de trabajo ha cambiado.
- Existen factores externos que aumentan el riesgo de error (ruido, temperaturas extremas, alta tasa de dosis, poca luminosidad).
- Es un trabajo muy poco frecuente.
- En la última ejecución del mismo trabajo se produjeron imprevistos.

LAS 5 PREGUNTAS

- 1 ¿Hemos realizado este trabajo con anterioridad?**
- 2 ¿Cuáles son los pasos críticos a tener en cuenta?**
- 3 ¿Qué errores podemos cometer?**
- 4 ¿Qué es lo peor que podría ocurrir?**
- 5 ¿Qué medidas podemos adoptar para prevenir el error?**

 **lainsa**
grupo dominguis

Fig. 28. Poster previo a la ficha de las 5P.

3º nivel: Pre-Job Briefing-Post-Job Debrief

Cuando la actividad o trabajo sea de alto riesgo, se pondrá en funcionamiento el procedimiento **PA-305**:

El Pre-Job Briefing es una reunión preparatoria, previa a la ejecución de un trabajo u operación, realizada para asegurar que todos los aspectos importantes de un trabajo han sido revisados y comprendidos por todas las personas implicadas en su realización, tanto personal afectado, como responsables y ejecutores.

El propósito de la reunión pasa por centrar la atención de cada miembro del grupo de trabajo en la tarea particular a realizar, anticipando los potenciales problemas que puedan presentarse, para prevenir la ocurrencia de errores durante la realización del trabajo.

El Post-Job Debrief es una reunión de cierre posterior a la ejecución de un trabajo, realizada con el propósito de capturar lecciones aprendidas y oportunidades de mejora para la próxima ejecución del trabajo.

Todo ello será supervisado por el personal responsable con una periodicidad de:

- Director Sistemas de Gestión → 1 vez al mes
- Responsable del Centro de Trabajo → 1 vez al mes
- Técnico de Apoyo al Responsable → 2 veces al mes
- Supervisores de ZC y ZV → 4 veces al mes
- Técnicos de PRL y Calidad → 4 veces al mes (o 2 veces al mes)

Antes de evaluar la implementación, se deben cumplir una serie de aspectos importantes del programa que creemos necesario recalcar, para mejorar el rendimiento del mismo:

- Se mantendrán en el tiempo y se intentará mejorar estos procesos que se ponen en marcha ahora.
- Se supervisará por parte de los Técnicos la calidad de las reuniones de “Las 5 preguntas” que se realicen para que sean útiles y eficaces.
- Se comprobaba la eficacia de las medidas puesta en marcha para responder a las incidencias reportadas (asegurar que no se ha vuelto a repetir el problema).

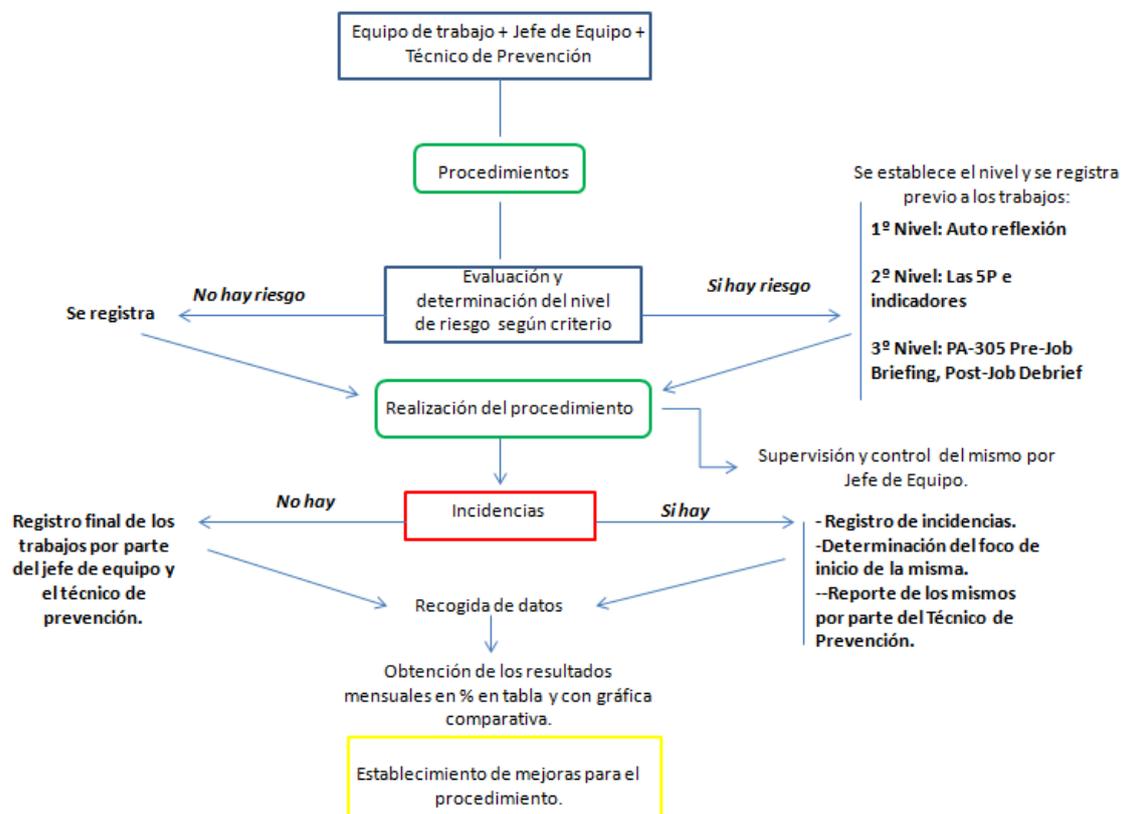
- Se realitzarà una petita encuesta de clima de seguridad, para que todo el mundo se sienta implicado.
- Se aumentará la visibilidad en obra del personal a todos los niveles (Jefe de Obra, Técnicos, Técnicos de Calidad/PRL, Encargados) para que su liderazgo sea presente y se medirá esta presencia.

9.2. Aplicación de la metodología Red-Er:

En planta, la secuencia de aplicación de esta metodología sería la siguiente:

- El grupo de trabajo del procedimiento que corresponda, junto con su jefe de equipo y el Técnico de Prevención de LAINSA, realizan un análisis de cada actividad u orden de trabajo y evalúan su riesgo.
- En base al resultado final, se establece un nivel de riesgo (los explicados anteriormente; nivel1, 2 o 3) y se elige la forma de proceder.
- El Técnico de Prevención se encarga de que el programa se cumple y registra en una plantilla previo al procedimiento y posterior al mismo, las indicaciones llevadas a cabo y las incidencias que puedan haber existido.
- Se estudian y se establecen mejoras para la siguiente vez que se realice el procedimiento.

Aquí veremos en forma esquemática la secuencia:



9.3. Indicadores

¿Cómo podemos analizar el rendimiento del programa y la consecución de objetivos?, mediante unos indicadores numéricos que nos dicen el rendimiento de actividades realizadas y la puntuación de las mismas, en función de sus resultados.

Estos indicadores son:

- Numero de actividades susceptibles 5P / Numero de actividades totales
- Numero de 5P / Numero de actividades susceptibles de 5P
- Numero de actividades 5P evaluadas / Numero de 5P realizadas
- Puntuación de las actividades evaluadas

La operación inicial de implementación que se ha realizado es la siguiente:

Por una parte se establecen todas las actividades a realizar, ej: 1000. Por la otra se diferencian y se distinguen cuantas actividades existen susceptibles de las 5 preguntas (5P) y cuantas no, ej: 800 susceptibles 5P y 200 no susceptibles 5P. Otro dato aun más importante es saber de las susceptibles y las que, no cuantas se han realizado realmente y cuantas han sido evaluadas, ej: 703 de 800, realizadas realmente y 400 de 703, evaluadas.

Por lo tanto el indicador nos dice el % de rendimiento: 400 de 1000 actividades totales, con lo se realiza un 40% de las actividades totales con una puntuación media establecida en las evaluaciones por el técnico de prevención de 6,2.

En este ejemplo sabemos que un 60 % de las actividades no están siendo evaluadas en el programa, por lo tanto se deben fijar objetivos de mayor productividad y rendimiento.

9.4. Registro de incidencias

Necesitamos saber que actividades son conflictivas o que cosas han fallado en el programa, para poder mejorarlo y establecer líneas de actuación sin consecuencias.

Porque se reporta?

- Incidentes que afecten a la calidad del servicio
- Incidentes de Seguridad
- Incidentes/Accidentes ambientales (vertidos, fugas)
- Condiciones inseguras de trabajo
- Deficiencias o averías en equipos
- Incidencias documentales (falta de OT, procedimiento obsoleto...)
- Cualquier otra Incidencias que obliguen a repetir trabajos, siempre que sea por causa nuestra
- Cualquier otra Incidencia que comporte periodos de espera no deseados, sea o no por causa nuestra

Quien reporta? Cualquier trabajador (teóricamente) en fase inicial de potenciación debe reportarlo como mínimo el Jefe de Equipo

Como reporta? Mediante el **FR05-04 A**, en fase de potenciación se podrá realizar una reunión con el Jefe de Equipo

Cuando se reporta ? En el momento,(teóricamente) , en fase de potenciación se impulsará por parte de los Técnicos en reunión semanal (Viernes).

Que se reporta?

- Fecha
- Tipo de incidencia
- Descripción de la incidencia (incluyendo horas perdidas si las ha habido y si ha generado o no retrabajos).
- Solución inmediata aplicada (si la ha habido)
- Propuesta de Acción Correctiva (si la hay)

Indicadores:

- Numero de NC reportadas / horas trabajadas
- Seguimiento del estado de las acciones correctivas
- Horas perdidas/ Horas Trabajadas
- Horas dedicadas a Reworking /Horas Trabajadas

Dependiendo del tipo de incidencias, requiere mayor o menor atención, por lo tanto basándonos en un ejemplo, veremos el tipo de indicadores que se obtendrían:

-De 40 h trabajadas al mes, encontramos 2 no conformidades que han sido reportadas.

-De 40 h trabajadas al mes, se han perdido 4 horas por estas 2 no conformidades.

-De 40 h trabajadas al mes, se han dedicado 2 horas a realizar la reevaluación de los trabajos realizados.

- El seguimiento al mes siguiente de las acciones correctivas ha sido diario y evaluado por el técnico de prevención.

Todo esto nos daría el % de no conformidades, horas perdidas, horas empleadas en corregirlas y la efectividad de las medidas propuestas.

10. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RED-ER EN VANDELLÓS II:

10.1. Indicadores primarios o “quick wins”

Se han explicado cuales son los procedimientos a ejecutar, la metodología de trabajo a aplicar, la secuencia de aplicación y la forma de evaluarlo.

En este punto, la fase de estudio ha finalizado y se pone en marcha la fase de realización de los trabajos y la aplicación del proyecto piloto en planta. Con lo cual se obtienen los primeros resultados del programa o “quick wins”, los cuales sirven para hacerse una idea de si el programa funciona bien o necesita mejorar.

En primer lugar se muestra la tabla mensual de datos diferenciándose los procedimientos en: **Zona vigilada**, es aquella zona en la que existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino (150 mSv), la piel y las extremidades (500 mSv). Y **Zona controlada**, es aquella zona en la que: (1) Existe la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites e dosis equivalentes para el cristalino (150 mSv), la piel y las extremidades (500 mSv), o (2) Es necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias.

La tabla nos indica:

- Nº de actividades u órdenes de trabajo que se necesitan para realizar el procedimiento.
- Nº de actividades que requieren un *Pre-job*.
- Nº de actividades no susceptibles de las 5P.
- Nº de actividades susceptibles de las 5P.
- % de Actividades 5P identificadas.
- % de Actividades 5P realizadas.

INDICADORES PRIMARIOS	Ordenes de Trabajo	Pre-jobs	5p	No 5P	% 5P	5P Ident.
ZONA CONTROLADA						
Descontaminación	74	1	9	1	12 %	90%
Gestión de Residuos	45	0	0	7	(-)	0%
ZONA VIGILADA						
Andamios	112	29	19	2	23 %	90%
Limpieza Industrial	182	0	1	6	0,5 %	14%

Partimos de la base que los trabajos de descontaminación y andamios son las actividades con un mayor nivel de riesgo que las demás.

Por lo que la tabla nos dice que en:

- **Descontaminación:** se han de realizado 74 órdenes de trabajo, de las cuales según criterio del jefe de equipo en cuanto al riesgo que suponen las actividades, se ha encontrado con la necesidad de realizar 1 pre-job y 9 actividades que necesitan las 5P, sin embargo, se ha detectado 1 actividad que necesitaba realizarse las 5P y que no se ha realizado finalmente, con lo que en total ha habido 11 actividades analizadas.

Resultados: han sido favorables, ya que, el porcentaje total de 5P a realizar era un 12%, menos la actividad que no se había realizado, con lo que se han identificado un 90% de las actividades que necesitaban un 5P y se han multiplicado x10 las reuniones de trabajo.

- **Gestión de residuos:** se han realizado 45 órdenes de trabajo, de las cuales era necesario realizar las 5P en 7 actividades y no se han realizado en ninguna de ellas.

Resultados: No han sido del todo buenos, ya que, ha habido un 0% de efectividad, siendo que no se han identificado las 7 actividades a realizar 5P.

- **Andamios:** se han realizado 112 órdenes de trabajo, de las cuales en 29 han requerido un pre-job, en 19 actividades se han realizado las 5P y en 2 actividades que requerían las 5P no se han realizado y en total se han analizado 50 actividades.

Resultados: han sido favorables, al haber realizado el 23% de las 5P que se tenían en cuenta y dejar 2, se ha alcanzado un 90% de identificación de las 5P, con lo que se han multiplicado x1,5 veces las reuniones de trabajo.

- **Limpieza industrial:** se han realizado 182 órdenes de trabajo, de las cuales no hay pre-jobs y se han identificado 1 5P de 6 que deberían haber sido.

Resultados: No han sido buenos, ya que, solamente se ha cubierto un 0,5% de 5P y se han identificado un 14%.

Con estos resultados, tenemos una aproximación de lo que el programa es capaz de hacer y de las carencias que puede tener, sin embargo los resultados obtenidos son los correspondientes a 1 mes de trabajo y análisis, pero se necesita saber si el programa se cumple durante el tiempo estipulado de los trabajos, con lo que se verá por cada actividad los resultados acumulados y su efectividad, en los 4 meses siguientes.

Tablas de datos acumulados:

Andamios		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	112	224	417	585	578
	Pre-jobs	29	75	140	193	206
	5P	19	30	46	55	41
	No 5 P	2	2	4	5	4
	%5P	23%	20%	17%	14%	11%
	%5P Ident	90%	94%	92%	92%	91%

- Se observan que en Andamios se cumple siempre en un % superior al 90 y se mantiene a lo largo del tiempo. Con lo que se está cumpliendo bien el programa.

Limpiezas Especiales		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	99	190	307	422	400
	Pre-jobs	0	0	0	0	0
	5P	1	11	40	75	78
	No 5 P	4	6	7	7	5
	%5P	1%	6%	13%	18%	20%
	%5P Ident	20%	65%	85%	91%	94%

- En limpieza especial ha habido un crecimiento notable en las 5P y por lo tanto se cumple el programa con gran rapidez.

Limpiezas Exteriores		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	83	168	284	404	395
	Pre-jobs	0	0	0	0	0
	5P	0	1	2	6	6
	No 5 P	2	6	11	14	15
	%5P	0%	1%	1%	1%	2%
	%5P Ident	0%	14%	15%	30%	29%

- En limpieza exterior tenemos un crecimiento no tan notable, ya que esta actividad no requiere tanta atención como otras y se mantiene poco a poco su

Descontaminacion		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	74	155	255	348	316
	Pre-jobs	1	1	1	1	0
	5P	9	21	31	33	30
	No 5 P	1	1	2	4	5
	%5P	12%	14%	12%	10%	9%
	%5P Ident	90%	95%	94%	89%	86%

- La descontaminación ha tenido una acogida muy grande manteniéndose en un 90% al inicio de la programación, sin embargo se ha visto reducida en los últimos 2 meses.

Residuos		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	45	81	118	150	151
	Pre-jobs	0	0	0	0	0
	5P	0	0	1	2	3
	No 5 P	7	16	16	18	14
	%5P	0%	0%	1%	1%	2%
	%5P Ident	0%	0%	6%	10%	18%

- En residuos la actividad es de menor relevancia, por ello los resultados son bajos, sin embargo, empieza a verse un aumento en la identificación de las 5P y en el análisis de las mismas poco a poco.

Lavanderia		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	25	39	60	86	83
	Pre-jobs	0	0	0	0	0
	5P	0	0	0	0	0
	No 5 P	0	0	1	1	2
	%5P	0%	0%	0%	0%	0%

- Este tipo de actividad es de menor relevancia y se nota porque no se aplica prácticamente las 5P.

Gobal		Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Ordenes de Trabajo	438	857	1441	1995	1923
	Pre-jobs	30	76	141	194	206
	5P	29	63	120	171	158
	No 5 P	16	31	41	49	45
	%5P	7%	8%	9%	9%	9%
	%5P Ident	64%	67%	75%	78%	78%

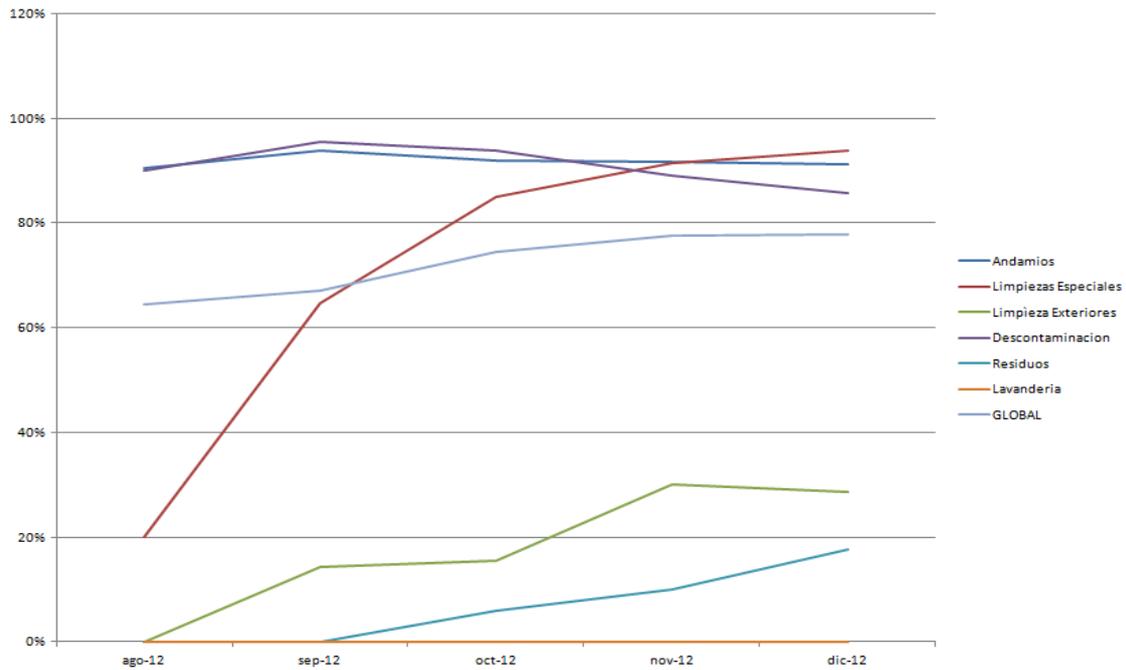
- De forma global observamos que la identificación de actividades asciende mes a mes y superando el porcentaje

Resumen %5P totales:

%5P	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12
Andamios	23%	17%	13%	8%	8%
Limpiezas Especiales	1%	11%	25%	30%	5%
Limpieza Exteriores	0%	1%	1%	3%	0%
Descontaminacion	12%	15%	10%	2%	14%
Residuos	0%	0%	3%	3%	2%
Lavanderia	0%	0%	0%	0%	0%
TOTAL	7%	9%	11%	10%	5%
%5P identificada					
	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12
Andamios	90%	100%	89%	90%	83%
Limpiezas Especiales	20%	83%	97%	100%	67%
Limpieza Exteriores	0%	20%	17%	57%	0%
Descontaminacion	90%	100%	91%	50%	75%
Residuos	0%	0%	100%	33%	25%
Lavanderia	N/A	N/A	0%	N/A	0%
TOTAL	64%	69%	85%	86%	57%

Trasladaremos los datos a una tabla para poder visualizar mejor los resultados obtenidos

En el siguiente gráfico veremos representadas las actividades y su variación en el tiempo y en el % que han tenido como resultado:



En el podemos observar las curvas de cada uno de los procedimientos, siendo andamios, limpieza especial y descontaminación los trabajos que mejor han sido implantados, además de ser los trabajos con mayor riesgo. Y por otro lado la limpieza exterior, los residuos y la lavandería los trabajos que menor riesgo y por ende menor resultado han tenido.

De forma global se mantiene la efectividad del programa entre el 63% y el 79%.

10.2. Lectura de los indicadores

En conclusión:

Los trabajos que mayor rendimiento han generado son los de Descontaminación y Andamios, justamente los trabajos donde el riesgo es mucho mayor que en el resto y donde se requería mayor atención.

Con lo que podemos decir que el programa ha funcionado muy bien en los trabajos de mayor riesgo y donde la empresa nos pide la realización de más *pre-jobs* o más atención; sin embargo ha funcionado mal en los trabajos de menor riesgo y que conlleva a una menor implantación.

Porque ha ocurrido esto:

- Se establece que los jefes de equipo de los trabajos de mayor riesgo, disponen de una mayor capacidad para identificar el riesgo de las actividades, además de disponer de una mayor formación en cuanto al programa y a las actividades se refieren.

- Los jefes de equipo de trabajos de menor riesgo, no han acabado de acostumbrarse al programa y no han sabido identificar las actividades de mayor riesgo, con lo que se debe de mejorar en ese aspecto.

Con lo cual, se deberá de proporcionar una mayor formación al personal y potenciar el control a las actividades de menor riesgo, todo ello para la próxima actuación en planta que se requiera.

11. GESTIÓN DEL ERROR HUMANO

11.1. Retrospectiva

Antes de pasar a gestionar el error humano, debemos hacer un resumen del proceso que se ha venido siguiendo hasta ahora ya completado:

En primer lugar ANAV requiere que LAINSA se alinee mas con la cultura de seguridad que viene marcando la Central Nuclear de Vandellòs II y demanda un programa de reducció de Error Humano en los trabajos que realizan en la misma central nuclear.

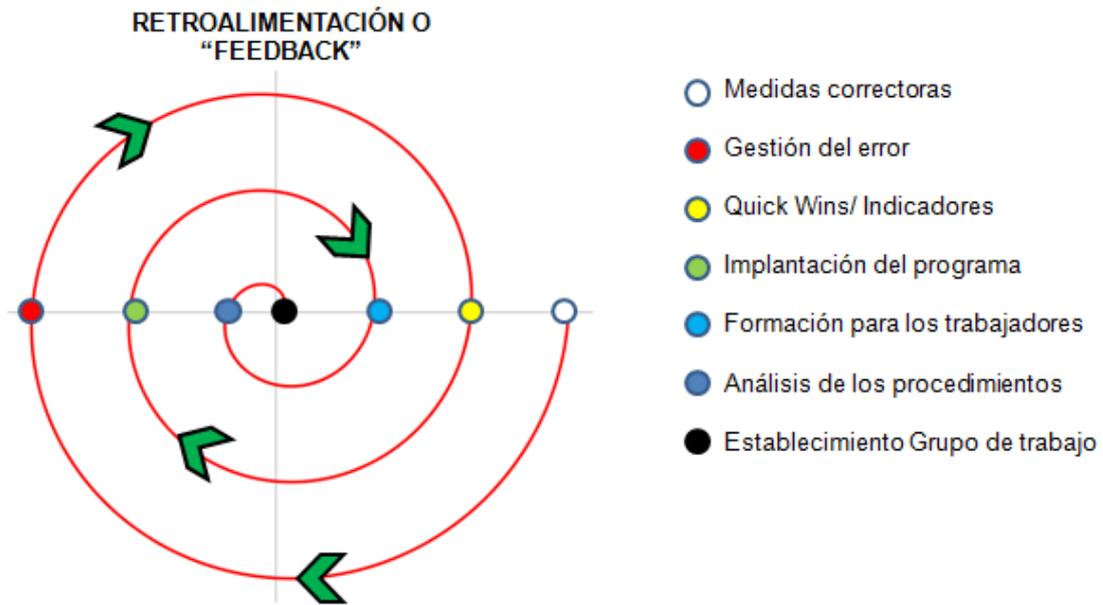
Con lo cual LAINSA busca en el mercado una empresa que cumpla el perfil requerido y se ajuste a los trabajos que el sector nuclear oferta, encontrándose con HPL, una consultora del Reino Unido que tiene experiencia previa en trabajos del sector nuclear y en el Error Humano, ajustándose a los requisitos que LAINSA pide.

Con todo ello, LAINSA y HPL forman un grupo de trabajo integrado por el personal competente, que se reúne y establece las bases del programa acordado, incluyendo los objetivos y una programación temporal de los trabajos. Realizan un análisis de los trabajos a ejecutar en planta, definiendo hipótesis de error operacional o de otro tipo y destacando las consecuencias de esos errores, con lo que se extrae información de las mejoras a establecer en el programa requerido.

En reuniones, el equipo establece herramientas que varían en función del riesgo que conlleve el trabajo a ejecutar y que al conjunto de todas ellas lo llaman Programa de Reducción de Error Humano Red-Er.

Una vez establecida toda la parte teórica o de estudio, se empiezan a realizar los trabajos con el programa Red-Er en funcionamiento, se extraen los indicadores primarios o “*quick wins*” del programa y además se reportan los errores o fallos que han podido haber en el transcurso del programa.

Con estos indicadores se observa que el programa ha sido una herramienta efectiva, aunque como todo programa se han encontrado defectos o puntos



Este proyecto ha sido el piloto de error humano y se ha ejecutado en Vandellòs II, pero LAINSA seguirá efectuando los trabajos en muchas más centrales nucleares como:



Fig. 29. Ubicación de las centrales nucleares Españolas.

Por lo que, a medida que se efectúen los trabajos en cada central, el proyecto Red-Er se perfeccionara.

11.3. Integración del Programa

Como consecuencia de la aplicación del programa por primera vez, tenemos una serie de mejoras que

- Se mantendrán en el tiempo y se intentará mejorar estos procesos puestos en marcha.
- Training a todos los niveles de Supervisión sobre observación de comportamiento humano
- Supervisión por parte de los Técnicos la calidad de las reuniones de “Las 5 preguntas” que se realicen para valorar su utilidad y eficacia
- Se aumentará la visibilidad en obra del personal a todos los niveles (Jefe de Obra, Técnicos, Técnicos de Calidad/PRL, Encargados) para que su liderazgo sea presente y se medirá esta presencia.

- Se realitzarà una encuesta de clima de seguridad, para que todo el mundo se sienta implicado.

12. CONCLUSIONES

Previo a comentar las conclusiones finales, se debe comentar el inicio o como empezó todo este trabajo:

A través del Máster se empezó a hablar de que los accidentes nucleares que se han estado registrando hasta ahora, los más importantes de la historia, han sido provocados por el error humano, con lo que se plantea la idea de introducirse en el mundo del error humano. Coincidiendo con la búsqueda de prácticas en empresa surge la posibilidad de realizar un convenio de colaboración en prácticas con la empresa Grupo Dominguis y dentro de la misma con LAINSA, para el desarrollo del Programa de Reducción de Error Humano para la Central Nuclear de Vandellòs II durante el curso 2011-2012.

El programa de Reducción del Error Humano y fomento de la Cultura de Seguridad en Lainsa (Programa RedEr) comenzó en Mayo de 2011 con una serie de visitas realizadas a sus centros de trabajo para identificar posibles áreas de mejora en este ámbito. Posteriormente, a principios del año 2012, HP&L inició su implantación, utilizando como centro de trabajo piloto el centro de Lainsa en CN Vandellòs II.

Para abordar el desarrollo de este trabajo, HP&L ha trabajado con el equipo de Dirección de Lainsa en Valencia, así como con los responsables de la empresa en la Central Nuclear, para realizar los análisis previos así como la definición de las líneas de actuación principales a partir de los resultados obtenidos.

LAINSA, que por su tipo de actividad (limpieza y descontaminación nuclear), existen riesgos especiales o potencialmente peligrosos para la salud en donde un error puede generar una situación de riesgo elevado, y por ello surge el proyecto en el cual su principal objetivo, junto con la colaboración de la empresa HPL *Reducing human error*, es la reducción del error humano en los trabajos de descontaminación en una central nuclear.

Las conclusiones generales **sobre el programa** en si son:

- Demuestra la importancia de la implantación de programas de seguridad propios en empresas contratistas.

- Es un valor añadido para el cliente.
- Se deben combinar acciones de las que se esperan rápidos resultados (*Quick Wins*) con otras a medio plazo para interiorizar la cultura de seguridad.
- El mantenimiento de las conductas modificadas se basa en la creación de confianza y en el refuerzo continuo durante el programa de intervención.
- Deben existir indicadores de medida primarios (*leader KPI's*) previos a los indicadores de resultados (*lagging KPI's*)

Como conclusión Personal:

Considero que ha sido de gran utilidad el haber realizado tanto las prácticas con LAINSA, como el haber formado parte en el grupo de trabajo para el estudio del programa de reducción humano, porque la experiencia adquirida durante el proceso ha sido de vital importancia para entender ciertos requisitos o pautas a seguir en el mundo de la seguridad y sobretodo en el de la seguridad nuclear.

Pienso que este tema debe abordarse con más fuerza ya que analizando todas las variables podemos llegar a reducir muchos errores o fallos por parte de los trabajadores, ya que, cada vez las industrias son más sofisticadas, complejas.

Todo el desarrollo de este proyecto, junto con la colaboración y el trabajo en equipo es una oportunidad de aprendizaje de una temática que se va a reforzar su aplicación en los próximos años.

13. BIBLIOGRAFIA

- [1] G.W. Hannaman, A.J. Spurgin, et al., *Systematic Human Action Reliability Procedure (SHARP)*. EPRI NP-3583, 1984.
- [2] *Human Reliability Analysis in Probabilistic Safety Analysis. Assessment for Nuclear Power Plants*. IAEA Safety Series, No. 50-P-10.
- [3] J. Rasmussen, *Skills, Rules and Knowledge; Signals, Signs and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-13, No. 3, 1983, pp.257–266.
- [4] A.D. Swain and H. E. Guttmann, *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Applications*, NUREG/CR-1278, Sandia National Laboratories, 1983 (THERP).
- [5] G.W. Hannaman, A.J. Spurgin, et al. *Human Cognitive Reliability Model for PRA Analysis*, NUS-4531, EPRI, 1984.
- [6] E. M. Dougherty, Jr, *Human Reliability Analysis*, SAIC/NY-86-1-OR, 1986.
- [7] J. Muñoz and M.G.K. Evans, *Evaluation of the contribution of unrevealed human errors to core damage following a transient*.
- [8] *Error humano: Entre la ingeniería y las ciencias cognitivas. (Conocer es construir y construir genera acción)* Colotto Arcila, María Eugenia Masarnau Brasó, Joan ; Universitat Politècnica De Catalunya. Departament De Projectes D'enginyeria 2004
- [9] Profs. Dr. Antoni Creus y José Figueras /Dept. de Projectes d'Enginyeria. E.T.S.E.I.B. Universitat Politècnica de Catalunya.
- [10] INSHT-NTP-377-Fiabilidad humana: métodos; M. Isabel de Arqua; Lda. En *Psicología*.
- [11] INSHT-NTP-401- Fiabilidad humana: métodos de cuantificación, juicio de expertos; M. Isabel de Arqua; Lda. En *Psicología*.
- [12] INSHT-NTP-405-Factor humano y siniestralidad, aspectos sociales; José L. Espluga Trenc; Ldo. En *Psicología*.
- [13] INSHT-NTP-415- Actos inseguros en el trabajo: guía de intervención; José L. Espluga Trenc; Ldo. En *Psicología*.
- [14] INSHT-NTP-619- Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano I parte; Josep Faig Sureda; Ingeniero industrial y Técnico Superior en prevención de riesgos laborales.

- [15] *INSHT-NTP-620- Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano II parte; Josep Faig Sureda; Ingeniero industrial y Técnico Superior en prevención de riesgos laborales.*
- [16] *INSHT-NTP-621- Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano III parte; Josep Faig Sureda; Ingeniero industrial y Técnico Superior en prevención de riesgos laborales.*
- [17] <http://www.insht.es/portal/site/Insht/?VAPCOOKIE=vsL9QTWM6vK8Px0VGIBxJmMZBydnnjnwlQC5LTqkVGI57fMbyRyr!-487184019!-399911473>
- [18] *CSN-IS19- Requisitos del sistema de gestión de las instalaciones nucleares; BOE nº 270 del 8 de Noviembre de 2008.*
- [19] *CSN-ITC2- Cultura de seguridad en las centrales nucleares.*
- [20] *OIEA boletín 4/1987-Los factores humanos en la explotación de las centrales nucleares, perfeccionamiento del trabajo hombre-máquina por E. Swaton, V. Neboyan y L. Lederman;*
- [21] <http://www.minetur.gob.es/energia/nuclear/Legislacion/Paginas/legislacion.aspx>
- [22] <http://www.anav.es/>
- [23] <http://www.hplltd.net/>
- [24] *Monografías -La valoración del factor humano; Riccardo Riccardi Edoardo Galletti; 1971*
- [25] *Revista de la Sociedad Nuclear Española*
- [26] *WANO-GL 2002-02 Principles for Excellence in Human Performance*
- [27] *INPO Principles for Enhancing the Professionalism of Nuclear Personnel*
- [28] *IAEA INSAG 4, 11, 26 Nuclear Safety Culture*
- [29] *James Reason (1997) Components of safety Culture*
- [30] *Hudson (SHELL model) (1999)*