



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE
ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS E IMPLANTACIÓN DE
HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING EN UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN PARA MEJORAR EL
NIVEL DE SERVICIO AL CLIENTE DE
SCHNEIDER ELECTRIC.**

AUTOR: PEPE DUART MONZÓ

TUTOR: JULIO JUAN GARCÍA SABATER

Curso Académico: 2020-2021



Memoria del Trabajo Final de Grado en Ingeniería de Organización
Industrial

**Análisis e implantación de herramientas Lean
Manufacturing en una línea de producción para
mejorar el nivel de servicio de Schneider Electric.**

Autor:

Pepe Duart Monzó

Tutor:

Julio Juan García Sabater

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales

Universitat Politècnica de València

Valencia, 2021

RESUMEN

Este TFG va a tener como objetivo de mejorar una línea de producción con el fin de ser más eficientes. Un TFG basado principalmente en el lean manufacturing y sus posibles aplicaciones a una línea de producción de una empresa del sector eléctrico.

En el presente trabajo se resolverá un problema de servicio al cliente. Este problema aparece en un subcontratista local de Schneider Electric debido a un aumento de la demanda de una línea de productos que no reflejaban las previsiones con las que se trabaja.

Para hallar el problema se empieza por aplicar herramientas lean de análisis de problemas en equipo como es el diagrama de pez, Root Cause Analysis y terminamos el análisis del problema con un VSM.

Una vez identificado nuestro problema (mala planificación de la producción) y focalizado nuestro plan de acción, se utilizan metodologías como VSM Future State, el diseño y la implantación de un Kanban de producción. De este modo se tendría el problema del nivel de servicio al cliente resuelto y además se estandarizan procesos, y se crea Pull en la organización, todos estos anteriores son beneficios asociados al lean manufacturing.

Para finalizar se puede observar que el lean manufacturing se trata de una mejora continua y es aplicable en todos los ámbitos y escalas. En dicho TFG se ha aplicado en Schneider Electric, una de las principales empresas líderes a nivel mundial en el sector eléctrico donde en su SPS (Schneider Production System) el lean manufacturing es uno de sus principios y se ha demostrado que no existe una mejora absoluta, siempre hay cabida para la mejora por pequeña que pueda ser.

ABSTRACT

This TFG will aim to improve a production line in order to be more efficient. A TFG based mainly on lean manufacturing and its possible applications to a production line of a company in the electrical sector.

In this work, a customer service problem will be solved. This problem appears in a local subcontractor of Schneider Electric due to an increase in demand for a line of products that did not reflect the forecasts they were working with.

To find the problem we start by applying lean tools of team problem analysis such as the fish diagram, Root Cause Analysis and we finish the analysis of the problem with a VSM.

Once we have identified our problem (poor production planning) and focused our action plan, we use methodologies such as VSM Future State, the design and implementation of a production Kanban. In this way, the problem of the level of customer service is solved, processes are standardised and Pull is created in the organisation, all of which are benefits associated with lean manufacturing.

To conclude, it can be observed that lean manufacturing is about continuous improvement and is applicable in all areas and scales. In this TFG it has been applied in Schneider Electric, one of the world's leading companies in the electrical sector where in its SPS (Schneider Production System) lean manufacturing is one of its principles and it has been demonstrated that there is no absolute improvement, there is always room for improvement, however small it may be.

RESUM

Aquest TFG tindrà com a objectiu de millorar una línia de producció amb la finalitat de ser més eficients. Un TFG basat principalment en el lean manufacturing i les seves possibles aplicacions a una línia de producció d'una empresa del sector elèctric.

En el present treball es resoldrà un problema de servei al client. Aquest problema apareix en un subcontractista local de Schneider Electric a causa d'un augment de la demanda d'una línia de productes que no reflectien les previsions amb les quals es treballa.

Per a trobar el problema es comença per aplicar eines llegeixin d'anàlisi de problemes en equip com és el diagrama de peix, Root Cause Analysis i acabem l'anàlisi del problema amb un VSM.

Una vegada identificat el nostre problema (mala planificació de la producció) i focalitzat el nostre pla d'acció, s'utilitzen metodologies com VSM Future State, el disseny i la implantació d'un Kanban de producció. D'aquesta manera es tindria el problema del nivell de servei al client resolt i a més s'estandarditzen processos, i es crea Pull en l'organització, tots aquests anteriors són beneficis associats al lean manufacturing.

Per a finalitzar es pot observar que el lean manufacturing es tracta d'una millora contínua i és aplicable en tots els àmbits i escales. En dit TFG s'ha aplicat en Schneider Electric, una de les principals empreses líders a nivell mundial en el sector elèctric on en el seu SPS (Schneider Production System) el lean manufacturing és un dels seus principis i s'ha demostrat que no existeix una millora absoluta, sempre hi ha cabuda per a la millora per petita que pugui ser.



ÍNDICE DOCUMENTO MEMORIA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 Objeto del proyecto.....	11
1.2 Justificación	11
1.3 Antecedentes	12
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	13
2.1 Introducción	13
2.2 Historia.....	13
2.3 Misión, Visión y Valores.	14
2.4 Schneider Electric Meliana	14
2.4.1 Historia.	14
2.4.2 Organigrama.	16
2.4.3 Layout.....	17
2.4.4 Productos.	18
2.4.5 Clientes y Proveedores.	20
2.5 SPS (Schneider Production System).....	21
2.6 Conclusiones	21
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	22
3.1 Introducción	22
3.2 Lean Manufacturing.....	22
3.3 TPS (Toyota Production System).	23
3.4 Los 7 desperdicios.	24
3.5 Diagrama Ishikawa.	24
3.6 VSM.....	25
3.7 Kanban	27
3.8 Fabricación Celular.....	28
3.9 Conclusiones	29
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS	31
4.1 Introducción	31
4.2 Problemática	31
4.3 Rupturas de Cliente.....	32
4.4 Diagrama Ishikawa.	35
4.5 Value Stream Mapping.	37



4.6	Conclusiones	53
CAPÍTULO 5: LOTIFICACIÓN Y KANBAN		54
5.1	Introducción	54
5.2	Dimensionado de Lotes del Proceso Inserción Zócalo.	54
5.3	Cálculo de las Tarjetas Kanban en los Procesos Soldadura de Conexiones, Bobinado e Inserción Zócalo.	59
5.4	Flujo Kanban.....	60
5.5	Tarjetas Kanban.	63
5.6	Conclusiones	64
CAPÍTULO 6: REESTRUCTURACIÓN PROCESOS DE SOLDADURA		65
6.1	Introducción	65
6.2	Situación Actual en los Procesos de Soldadura.	65
6.3	Primera Propuesta: Aumentar el Tamaño de Lote y Aproximar los Puestos de Trabajo.	67
6.4	Segunda Propuesta: Creación de una Célula de Fabricación.....	68
6.4.1	Estándares de Trabajo.....	71
6.4.2	Puestos de Trabajo y Materiales de la Célula de Fabricación.	73
6.4.3	Resultados.....	75
6.5	Conclusión.	75
CAPÍTULO 7: CONCLUSIÓN		76
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA		79



INDUSTRIAL

Índice de Ilustraciones de la memoria.

Ilustración 1: Fábrica de cerámica 1960 y Schneider Electric 2020. Fuente: https://www.construible.es/2011/05/13/acti-9-de-schneider-electric	14
Ilustración 2: Aislador porcelánico. Fuente: https://eesaperu.com/producto/aisladores-porcelana/	15
Ilustración 3: Aislador porcelánico en poste de tendido eléctrico. Fuente: https://blog.structuralia.com/aisladores-en-lineas-electricas-materiales-tipos-y-caracteristicas-principales	15
Ilustración 4: Dispositivo Acti9. Fuente: Schneider Electric Meliana	16
Ilustración 5: Organigrama planta Meliana. Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 6: Planta Schneider Electric Meliana. Fuente: Schneider Electric Meliana	18
Ilustración 7: Aparato ID-TIM (tetrapolar). Fuente: Schneider Electric	18
Ilustración 8: Aparato SURYA (bipolar). Fuente: Schneider Electric	19
Ilustración 9: Aparato RCBO. Fuente: Schneider Electric	19
Ilustración 10: Aparatos ID (bipolar/tetrapolar). Fuente: Schneider Electric.	19
Ilustración 11: Aparato QPN tetrapolar. Fuente: Schneider Electric.	20
Ilustración 12: Aparato Electrónico. Fuente: Schneider Electric.	20
Ilustración 13: Toyota Production System "House". Fuente: Lean Enterprise Institute. (2004).	23
Ilustración 14: Tipos de Células de Fabricación. Fuente: Schneider Electric	29
Ilustración 15: Volumen de ventas y previsiones anuales producto ID. Fuente: Elaboración propia.	31
Ilustración 16: Toroide Bobinado. Fuente: Elaboración propia.	33
Ilustración 17: Diagrama de pez/Ishikawa de Roturas de stock. Fuente: Elaboración propia	36
Ilustración 18: Causas comunicadas por el subcontratista debido al incumplimiento de la planificación semanal. Fuente: Elaboración propia	37
Ilustración 19: Plantilla proceso VSM. Fuente: Elaboración propia.	41
Ilustración 20: Plantilla Flujo VSM. Fuente: Elaboración propia	42
Ilustración 21: Parte 1 del VSM. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 22: Parte 2 del VSM. Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 23: Parte 3 del VSM. Fuente: Elaboración propia	47
Ilustración 24: VSM línea XE. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración 25: VSM Future State Línea XE. Fuente: Elaboración propia	52
Ilustración 26: Layout Kanban. Fuente: Elaboración propia	61
Ilustración 27: Estantería dinámica. Fuente: Schneider Electric	62
Ilustración 28: Flujo Kanban. Fuente: https://katiapn.wordpress.com/2013/03/19/filosofia-kanban/	63
Ilustración 29: Tarjeta Kanban. Fuente: Elaboración propia	63
Ilustración 30: Disposición actual de la línea de productos XE. Fuente: Elaboración propia.	65
Ilustración 31: Proposición 1 disposición línea XE. Fuente: Elaboración propia.	67
Ilustración 32: Proposición 2 disposición línea XE. Fuente: Elaboración propia.	68
Ilustración 33: Distancias entre las estaciones de trabajo de la célula de fabricación	69



Ilustración 34: Posibles escenarios célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia.	70
Ilustración 35: Diagrama estándar de trabajo Célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia.....	71
Ilustración 36: Estándar de trabajo Célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia	72
Ilustración 37: Soldadura conexión pin-trenza. Fuente: Schneider Electric	72
Ilustración 38: Mesas de fabricación. Fuente: Elaboración propia.	73
Ilustración 39: Plano mesas de fabricación. Fuente: Elaboración propia.....	74


Índice de Tablas de la memoria.

Tabla 1: Tasa horaria y lead time	32
Tabla 2: Rupturas de cliente por producto.....	34
Tabla 3: Rupturas producto ID clasificadas en sus diferentes cadenas.	35
Tabla 4: Ruta productos cadena XE	38
Tabla 5: Demanda distintas referencias cadena XE	39
Tabla 6: Datos no considerados en el VSM.	40
Tabla 7: Equipo multidisciplinar de implementación del VSM	43
Tabla 8: Datos Parte 1 del VSM.....	44
Tabla 9: Datos Parte 2 del VSM.....	45
Tabla 10: Datos Parte 3 del VSM.....	47
Tabla 11: KPI's por proceso.....	50
Tabla 12: KPI's línea de fabricación.....	51
Tabla 13: Datos para calcular la carga de trabajo.....	55
Tabla 14: Cálculo de cambios de lote.....	56
Tabla 15: Demanda línea XE por referencia	57
Tabla 16: Tamaño de lote de cada referencia (piezas)	57
Tabla 17: Días de cobertura y tiempo de producción de cada referencia.....	58
Tabla 18: Secuencia de lotificación semanal.....	59
Tabla 19: Datos y cálculo de tarjetas Kanban taller-almacén	60
Tabla 20: Tiempos de procesamiento puestos de soldadura.....	66
Tabla 21: Ciclo completo procesos de soldadura.	66
Tabla 22: Ciclo completo procesos de soldadura proposición 1.	67
Tabla 23: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con la primera propuesta.....	68
Tabla 24: Ciclo completo célula de fabricación (propuesta 2).....	69
Tabla 25: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con las dos propuestas.	70
Tabla 26: Capacidad y consumo de materiales de la Célula de Fabricación.....	74
Tabla 27: Comparación entre el estado inicial y final de la línea de producción.....	77
Tabla 28: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con las dos propuestas.	77

*Índice de Ecuaciones de la memoria.*

Ecuación 1: FTT	26
Ecuación 2: OEE (Overall Equipment Effectiveness).....	26
Ecuación 3: Disponibilidad	26
Ecuación 4: Eficiencia	26
Ecuación 5: Rendimiento de volumen.....	27
Ecuación 6: DTD (Dock to Dock).....	27
Ecuación 7: RVA (Ratio de valor añadido).....	27
Ecuación 8: TAKT.....	50
Ecuación 9: Tiempo para fabricar piezas	55
Ecuación 10: Número de cambios de lote al día	56
Ecuación 11: Máximo cambios de lote a la semana.....	56
Ecuación 12: Cálculo del tamaño de lote por referencia. Ejemplo referencia XE10987	57
Ecuación 13: Días de cobertura. Ejemplo referencia XE10987	58
Ecuación 14: Días que tarda en producirse. Ejemplo referencia XE10987.....	58
Ecuación 15: Cálculo de tarjetas Kanban taller-almacén	60

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Objeto del proyecto

El siguiente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo mejorar una línea de producción, con el fin de ser más eficiente y mejorar el nivel de servicio mediante el análisis de un problema de nivel de servicio al cliente debido a la falta de suministro de un subcontratista local de Schneider Electric Meliana.

El análisis se realiza sobre una línea de producción del subcontratista de una gama de productos perteneciente a una misma familia. Para realizar dicho análisis se van a utilizar herramientas de Lean Manufacturing y posteriormente se evaluará que herramientas son las más adecuadas para solucionarlo.

Las técnicas que se emplean en el presente Trabajo de Fin de Grado para resolver el problema son adquiridas en múltiples asignaturas del Grado de Ingeniería de Organización Industrial como Fundamentos de Organización de Empresas y Equipos de mejora continua, estas asignaturas presentan un alto grado de relación con el Lean Manufacturing y el Just In Time basadas en la gestión y mejora de eficiencia de las empresas.

Con la aplicación de estas técnicas se consigue satisfacer una considerable subida en la demanda de los productos finales y al mismo tiempo se va a lograr controlar y reducir el inventario y como consecuencia se aminorarán los costes de inventario, tanto de materia prima como de producto en curso y producto terminado.

El proyecto ha sido realizado gracias a la convocatoria de una beca de prácticas de la empresa Schneider Electric Meliana y la ayuda de los tutores, tanto el tutor de la empresa como el tutor perteneciente a la UPV.

1.2 Justificación

Las justificaciones de la realización de este trabajo se basan en puntos de vista bastante diferenciados.

En primer lugar, el trabajo se realiza para la obtención del título del Grado en Ingeniería de Organización Industrial demostrando y aplicando en el mismo los conocimientos adquiridos a lo largo del transcurso del propio grado.

Por otra parte, respecto el lado de la empresa dotar más recursos a un departamento como es subcontratación que actualmente se encuentra saturado a causa de la estandarización y puesta en marcha del modelo Schneider Production System en los subcontratistas con el fin de que estos trabajen bajo este sistema como lo hacen las propias plantas de Schneider Electric.

Por último, durante la realización del siguiente Trabajo de Fin de Grado se pretende motivar e involucrar a todo el personal que participe en él con el propósito de sacar el máximo rendimiento y los mejores resultados posibles. Ya que está demostrado que con un buen trabajo en equipo y una buena relación con los compañeros de trabajo aumenta la productividad de la compañía.

1.3 Antecedentes

El motivo de la convocatoria de la beca de prácticas es la escasa dotación de recursos para el departamento de subcontratación en relación a la carga de trabajo que posee.

Hasta el momento, en subcontratación, la producción únicamente se controlaba a final de semana, es decir la semana anterior se planificaba la producción de la semana por días, pero únicamente se tenía en cuenta que a final de semana estuviera todo entregado. Esto era debido a que en el almacén contaban con un stock de seguridad de una semana de producción y no se tenía en cuenta si el subcontratista tenía problemas para fabricar un producto algunos días si al final de semana conseguía entregarlo todo.

La situación iba a cambiar debido a una subida de demanda de una familia de productos donde se necesitaba la entrega de un mix de producción diario balanceado donde el subcontratista mantenía su postura de falta de capacidad.

Anteriormente se había intentado trazar un VSM de dicha línea de producción con el objetivo de controlar los inventarios y el Work In Progress, pero quedó inacabado por la dificultad de cuadrar horarios de los diferentes miembros del equipo.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Introducción

Después de describir los diferentes motivos que han motivado al alumno para realizar el presente Trabajo Final de Grado, se va a proceder a poner en contexto dentro del marco industrial.

En el actual capítulo se pretende realizar una detallada descripción con el fin de entender cómo opera la empresa, su historia, su organización, el sector al cual pertenece, en el mercado donde opera, la gama de productos que ofrece y su sistema de trabajo, el SPS (Schneider Production System).

2.2 Historia

Schneider Electric fue fundada por los hermanos Schneider en 1863, en sus principios Schneider Electric se centra en la industria del acero y la maquinaria para después introducirse en el emergente y nuevo mercado de la electricidad y en los últimos años en la automatización, seguridad y control del movimiento, innovando y adaptándose a las nuevas necesidades de los clientes.

Actualmente Schneider Electric es una multinacional francesa dirigida por el CEO Jean-Pascal Tricoire con sede en Rueil-Malmaison, Francia. Schneider Electric cuenta con filiales en más de 100 países y comercializa una gran gama de productos: productos de gestión de edificios y seguridad, de baja tensión, solares y de almacenamiento de energía, para hogares, de media tensión y Smartgrid, SAIs y soluciones para centros de datos y redes y automatización y control industrial. Está presente en cinco mercados: la industria, los centros de proceso de datos, el sector terciario, el sector residencial y la energía.

Schneider, siempre se ha diferenciado por ofrecer productos de calidad sin dejar a un lado la seguridad de estos. Un ejemplo de esto es, a día de hoy, en Schneider Electric Meliana, cada uno de los productos finales que salen expedidos previamente han pasado sus diferentes test de seguridad y calidad incorporados en la misma línea de producción. Con el paso del tiempo son más los test que debe superar el producto debido a los avances tecnológicos y las cambiantes exigencias de los clientes. Muestra de esto es que en la pirámide de prioridades del SPS (Schneider Production System) el nivel superior es la seguridad en cualquier ámbito, seguido de los clientes.

Schneider Electric España cuenta con numerosas filiales repartidas por la península, donde trabajan unos cuatro mil trabajadores, posee nueve centros de producción. Actualmente la planta de Meliana supone el setenta por cien de la facturación anual de Schneider Electric España. Las nueve plantas junto con muchas otras filiales internacionales son las encargadas de satisfacer al centro logístico de España ubicado en Sant Boi de Llobregat, Barcelona. Desde el centro logístico se satisfacen las necesidades de distribuidores, clientes D.I.Y (Do It Yourself) como puede ser Leroy Merlin, integradores (como integradores de sistemas, fabricantes de equipos originales, prescriptores, contratistas y electricistas) y por último usuarios finales todos estos pertenecientes a más de cincuenta países.

Además de las plantas y el centro logístico, Schneider Electric España tiene repartido por todo el territorio español una gran cantidad de oficinas, está presente en Bilbao, Barcelona, Madrid, Sevilla y La Coruña.

2.3 Misión, Visión y Valores.

La misión de Schneider Electric es ser el socio digital de sus clientes para la eficiencia y la sostenibilidad.

En cuanto a la visión, tienen como propósito empoderar a todas las personas con el fin de sacar el máximo provecho de su energía y sus recursos, pero uniendo la sostenibilidad ambiental y el progreso para toda la sociedad. En Schneider lo definen mediante su lema Life Is On, es decir, la vida no para.

Por último y no menos importante los valores de Schneider Electric son la inclusión y el empoderamiento. Pretende incluir a todo tipo de personas, entienden que la diversidad en la actualidad es una gran oportunidad para mejorar la sociedad y esto se puede transformar en una ventaja competitiva. De hecho, puedo dar consciencia de ello ya que pese a ser una multinacional son una empresa muy cercana y local ya que desde el primer día que empecé mi beca de prácticas me hicieron sentir comfortable ofreciéndome ayuda y consejo en todo momento.

2.4 Schneider Electric Meliana

En el presente apartado se va a tratar de describir y poner en contexto la planta de Schneider Electric en Meliana, donde el alumno ha cursado la beca de prácticas. En una primera instancia se va a narrar la historia de la planta, el organigrama, la disposición de la planta, los productos que se fabrican en Meliana y por último sus clientes y proveedores.

2.4.1 Historia.

La actual planta donde fabrica Schneider Electric en Meliana en sus orígenes fue una antigua fábrica de cerámica fundada en 1860. Entonces tenía una buena reputación por la fabricación de baldosines polícromos. (Schneider Electric, s. f.).



Ilustración 1: Fábrica de cerámica 1960 y Schneider Electric 2020. Fuente: <https://www.construible.es/2011/05/13/acti-9-de-schneider-electric>

INDUSTRIAL

Como se puede observar en la Ilustración 1 gran parte de lo que fue la antigua fábrica de cerámica de 1960 se sigue conservando puesto que es un edificio protegido y no se puede modificar.

Con el paso del tiempo y debido a la experiencia que poseían por el mero hecho de trabajar con cerámica empezaron a fabricar productos eléctricos de porcelana como son los aisladores de porcelana Ilustración 2. Estos aisladores eran utilizados como aislante eléctrico en postes de tendido eléctrico y de telégrafos como se puede observar en la Ilustración 3.



Ilustración 2: Aislador porcelánico. Fuente: <https://eesaperu.com/producto/aisladores-porcelana/>



Ilustración 3: Aislador porcelánico en poste de tendido eléctrico. Fuente: <https://blog.structuralia.com/aisladores-en-lineas-electricas-materiales-tipos-y-caracteristicas-principales>

INDUSTRIAL

Con la compra del grupo suizo Gardy en 1923 se continuó fabricando los grandes aisladores eléctricos de porcelana y además también se fabricaban productos de media y alta tensión y fusibles destinados para la línea de media tensión.

Sobre finales de los años 70 la fábrica fue comprada por el grupo francés Merlin Gerin y pasó a llamarse Merlin Gardy S.A. En un principio convivieron la fabricación de los productos nombrados anteriormente con los nuevos productos dedicados a la protección de la baja tensión hasta que finalmente estos primeros productos fueron cesados.

Fue a partir de 1995 cuando se empieza a llamar Schneider Electric España S.A y se empiezan a fabricar los productos Acti 9, la quinta generación de aparatos de Schneider Electric. Para aquel entonces estaban valorados como uno de los sistemas más seguros, sencillos de instalar y eficientes para las instalaciones industriales y los sectores terciarios. El dispositivo fue diseñado para facilitar la comunicación con sistemas de comunicación y control.



Ilustración 4: Dispositivo Acti9. Fuente: Schneider Electric Meliana

Actualmente Schneider Electric cuenta con casi 500 trabajadores y 42.000 m² de superficie y fabrica una gran cantidad de productos agrupados en las siguientes familias: RCBO, ID, ID-TIM, QPN, Electrónicos, y SURYA.

2.4.2 Organigrama.

La planta de Schneider Electric Meliana se organiza de la siguiente forma, cuenta con nueve departamentos diferentes como se puede observar en la Ilustración 5, el cual uno de ellos, el de recursos humanos es compartido con otras filiales de España.

INDUSTRIAL

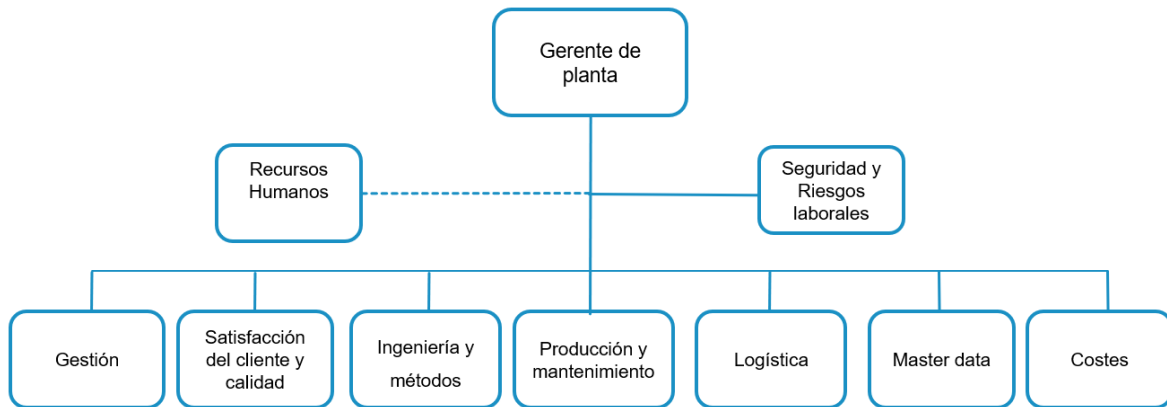


Ilustración 5: Organigrama planta Meliana. Fuente: Elaboración propia

Las prácticas realizadas por el alumno son en el departamento de producción y mantenimiento, dentro de este, en el subdepartamento de subcontratación exactamente que es el encargado de satisfacer las demandas de los diferentes talleres internos de Schneider Meliana con los talleres de subcontratación externos a Schneider Electric.

2.4.3 Layout.

Schneider Electric Meliana posee una superficie de más de 42.000 m² donde trabajan unos 500 trabajadores directos más el personal de limpieza, el personal dedicado a tareas sencillas de mantenimiento de los equipos productivos, el personal médico y el personal de obra, todos estos últimos subcontratados.

En la Ilustración 6 se puede observar cómo está distribuida la planta de Schneider Electric Meliana.

En el espacio dedicado a las oficinas se encuentran desde los despachos del comité de dirección y las islas de mesas de los trabajadores pertenecientes a cada departamento, como zonas de descanso, salas de reunión, salas de exposición, presentaciones y las consultas médicas.

En los talleres de producción se encuentran los equipos productivos, los operarios de producción y los almacenes intermedios.

En cuanto a los laboratorios, este espacio está dedicado para la realización de los distintos test de calidad y seguridad de los diferentes productos.

En el almacén se ubican todas las referencias, tanto las materias primas como el producto intermedio. El muelle adjunto al almacén es el encargado de las entradas de material.

En la zona de expediciones es donde se preparan los envíos para su posterior expedición por el muelle adherido a esta zona.

Por último, la planta posee varias zonas de parking para sus trabajadores, así como comedor y vestuarios para el uso de todos sus trabajadores.



Ilustración 6: Planta Schneider Electric Meliana. Fuente: Schneider Electric Meliana

2.4.4 Productos.

En Schneider Electric Meliana se fabrican una gran cantidad de referencias de producto final que se pueden agrupar en las siguientes familias que se presentaran ligeramente a continuación:

- ID-TIM: Es la familia de productos que surgió para reemplazar la familia ID. Es decir, se trata del mismo aparato que el ID, pero con componentes nuevos que pertenecen a la quinta generación del Acti9. Esta línea lleva 9 años en el mercado y ha ido aumentando su volumen anual de ventas, actualmente ha alcanzado una producción anual de 2.000.000 de unidades (entre bipolares y tetrapolares).



Ilustración 7: Aparato ID-TIM (tetrapolar). Fuente: Schneider Electric

- SURYA: Es la línea de aparatos más nueva, aparece con el fin de reemplazar la gama de ID-TIM en algunos territorios del Norte de Europa como es Alemania donde se trabaja con dispositivos biconectables y la familia ID-TIM presentaba ciertas lagunas. Esta familia presenta un volumen anual de ventas de 440.000 aparatos bien bipolares o tetrapolares.

INDUSTRIAL



Ilustración 8: Aparato SURYA (bipolar). Fuente: Schneider Electric

- RCBO: Familia que corresponde a la quinta generación Acti9, estos dispositivos tienen una particularidad, poseen tanto protección magnetotérmica como protección diferencial estas características hacen que se puedan instalar tanto en industrias como en viviendas particulares. Cuenta con un volumen de 3.000.000 de unidades al año lo cual hace de esta familia ser la más voluminosa de Meliana.



Ilustración 9: Aparato RCBO. Fuente: Schneider Electric

- ID: Es una de las líneas más antiguas, lleva en fabricación en Meliana desde que se instauró Schneider Electric en ella. Una familia que ha ido disminuyendo su consumo durante los últimos años por el hecho de apariciones de aparatos más nuevos y mejorados tecnológicamente, pese a esto ha sufrido un considerable aumento de su demanda motivo por el cual se va a realizar dicho Trabajo Final de Grado con el fin de resolver las rupturas de clientes originadas por el aumento.



Ilustración 10: Aparatos ID (bipolar/tetrapolar). Fuente: Schneider Electric.

- QPN: Son unos dispositivos similares a la familia de los RCBO pero en cambio estos no poseen protección térmica, únicamente tienen protección magnetotérmica, pero,

INDUSTRIAL

están preparados para poder añadirles otros dispositivos de protección térmica con un mayor calibre para mejorar sus beneficios. Esta familia se comercializa para la instalación en industrias y tiene un volumen de ventas anuales de 340.000 unidades entre bipolares y tetrapolares.



Ilustración 11: Aparato QPN tetrapolar. Fuente: Schneider Electric.

- **Electrónicos:** Son unos dispositivos electrónicos con la particularidad de anticiparse al existir un posible mal contacto en la línea para prevenir un posible incendio, sin proteger la línea eléctrica, únicamente se ocupa de evitar incendios.



Ilustración 12: Aparato Electrónico. Fuente: Schneider Electric.

2.4.5 Clientes y Proveedores.

Anteriormente se ha aclarado cual es la actividad y el mercado de Schneider Electric, en este punto se van a esclarecer cuales son los clientes y proveedores de Schneider Electric Meliana.

Los clientes de la planta de Meliana no son los nominados anteriormente en el punto de Historia de la compañía, los clientes de producto terminado de Meliana son los diferentes centros logísticos propios de Schneider como puede ser Sant Boi o cualquier otro repartido por todo el territorio donde opera y desde estos centros ya se distribuye a los diferentes mercados. En cambio, por parte de productos intermedios Meliana envía a diferentes plantas productivas como puede ser la de Chalon en Francia, Plovdiv en Bulgaria u otros numerosos destinos.

En cuanto a los proveedores también tiene dos tipos como en el apartado de clientes, los proveedores de materia prima que son empresas externas a Schneider y por otro lado tiene proveedores de producto intermedio pertenecientes a plantas productivas de Schneider Electric o los propios subcontratistas.

2.5 SPS (Schneider Production System)

El Schneider Production System (SPS) es la filosofía de trabajo por la cual se rigen todas las plantas y filiales de Schneider ya sean de gestión y/o de producción. Es un sistema basado en el Lean Manufacturing con el fin de reducir los desperdicios, ser lo más eficiente posible y la continua mejora del sistema, no existe la perfección, siempre hay cabida para una mejora por leve que sea. Se trata de un sistema fundamentado en la mejora de la calidad y productividad en las plantas y toda la cadena de suministro.

Una filosofía basada en 40 principios que se pueden agrupar en tres grandes grupos para contribuir a la mejora del servicio al cliente y la calidad:

- La contribución y compromiso de los empleados.
- La ingeniería de proceso y producto.
- La gestión de los procesos industriales y la logística.

Para asegurar el cumplimiento de la buena aplicación y ejecución del Schneider Production System y sus 40 principios tanto en planta como en las oficinas se realizan dos tipos de auditorías internas.

Por una parte, se realizan auditorías internas continuamente por parte del personal de la misma planta, es decir, un departamento es auditado por parte de otro de la misma planta.

En cambio, con una frecuencia de 4 años se realizan auditorías por parte de personal procedente de Schneider ajeno a dicha planta y únicamente dedicado a la realización de auditorías y la aplicación del SPS.

Una vez realizadas las auditorías se exponen los resultados y se proporcionan las herramientas necesarias para la buena práctica del SPS y mejorar los aspectos necesarios. De la misma forma Schneider realiza frecuentemente numerosas formaciones, cursos, reuniones... con el fin de mejorar día a día con su filosofía SPS.

2.6 Conclusiones

En este capítulo se describe de manera generalizada cómo opera la empresa, como se formó, se plantea su organigrama y su layout, se muestran los productos que ofrece, en que mercado opera y también se explica su filosofía de trabajo, el SPS.

El presente capítulo ayuda a tener una visión global de la empresa y resulta ser estrictamente necesario para poder comprender y poner en marco el trabajo.

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1 Introducción

En el actual capítulo se van a describir una serie de herramientas muy relacionadas en el desarrollo y la ejecución del proyecto y todas ellas enmarcadas dentro del contexto del Lean Manufacturing. Este capítulo tiene como objetivo obtener un mínimo conocimiento teórico de las técnicas aplicadas para el avance del proyecto y hacer un poco más fácil la comprensión de este a todo tipo de público.

Schneider Electric trabaja bajo el SPS una filosofía basada en el Lean Manufacturing para mejorar la cultura y la forma de pensar y organizarse de la compañía. Se aplica mediante el análisis de los procesos y la posterior eliminación de desperdicios o en caso de la imposibilidad de eliminarlos, reducirlos.

3.2 Lean Manufacturing.

El Lean Manufacturing es un método de trabajo aplicable en cualquier ámbito empresarial, ya sea industrial o puramente administrativo. Esta filosofía se basa en las personas y consiste en optimizar y mejorar cualquier entorno empresarial mediante la búsqueda de cualquier tipo de desperdicio y su posterior supresión o reducción en cualquier ámbito de la empresa. El Lean Manufacturing tiene como máxima la creación de una cultura dentro de la organización basada en la mejora continua mediante el trabajo en equipo y una buena y fluida comunicación de sus empleados. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

Esta filosofía nace en base a la cultura que empleaban los japoneses en sus empresas cuyo principal fin era adaptar mejoras por pequeñas que fueran en sus plantas de fabricación. Producto de aplicar dichas mejoras obtuvieron notables resultados no solo en sus líneas de producción sino también en los puestos de trabajo (Liker, 2003)

En 1890 Sakichi Toyoda patenta un telar manual de madera debido a la obligación de competir y a raíz de esto surge el movimiento “KAIZEN”, filosofía de mejora.

Pese a estos acontecimientos, los primeros en aplicar las técnicas de optimización fueron los estadounidenses Henry Ford y Frederick Winslow Taylor al inicio del siglo XX. F.W. Taylor instauró los principios de la organización del trabajo y más tarde Henry Ford fue el creador de las cadenas de fabricación de automóviles en masa que posteriormente adoptaron y mejoraron los japoneses con el TPS (Toyota Production System) y sus catorce principios que sostienen su filosofía y cultura de trabajo.

“Mejora las cosas poco a poco. Asegúrate de que el proceso que ha causado problemas por la mañana no los causará por la tarde. La forma de aumentar la productividad es reconocer los problemas en el momento en el que ocurren y realizar las mejoras necesarias para que no vuelvan a ocurrir”. (Ohno, 1960)

Las herramientas y técnicas a utilizar a la hora de aplicar el Lean Manufacturing pueden ser: las 5S, Factoría Visual, Poka – Yokes, eliminar los 7 desperdicios, SMED, Kanban, VSM, Fabricación Celular, TPM, Equipos de mejora, Estandarización de procesos y/o operaciones,

Jidoka, Work Balancing... Algunas de las mencionadas han sido aplicadas en este trabajo y van a ser explicadas en los posteriores apartados para facilitar la comprensión de este.

3.3 TPS (Toyota Production System).

El Toyota Production System nació a finales del siglo XX de la mano de Eiji Toyoda, sobrino del fundador del grupo Toyota, Sakichi Toyoda quien ya introdujo conceptos del Lean Manufacturing al patentar un telar que notificaba a los trabajadores al detectar un problema (cuando se rompía un hilo). Además, fue una máquina innovadora por ser automática con ligera aportación humana (Jidoka) y de esta forma un mismo operario podía manejar diversas máquinas. Con este aumento de la productividad y la aplicación de técnicas para suprimir el desperdicio se empezó a trabajar Just-in-Time. (Ohno, 1960)

Eiji Toyoda con un aumento de la productividad de sus trabajadores y la combinación del método Just-in-Time establece el TPS. Únicamente se fabricaba aquello que era demandado por los clientes y sólo cuando era demandado, con este modelo se consiguió reducir el tiempo de cambio de lote con técnicas SMED. (Liker, 2003).

La parte más importante del éxito del TPS no son las diversas técnicas y métodos aplicados sino la filosofía y cultura de trabajo que se creó en la organización y se puede resumir en catorce principios.

Como se puede observar en la Ilustración 13 se muestra la casa del TPS y la utilizan como símil de su filosofía de trabajo y por dónde empezar con el fin de obtener máxima calidad, mínimo coste y mínimo lead time. El símil consiste en que hay que empezar por los cimientos de la casa, una vez estén claros y establecidos se pasaría a construir los pilares que únicamente con una buena ejecución de estos obtendríamos nuestros objetivos y podríamos terminar la casa con la construcción del tejado.

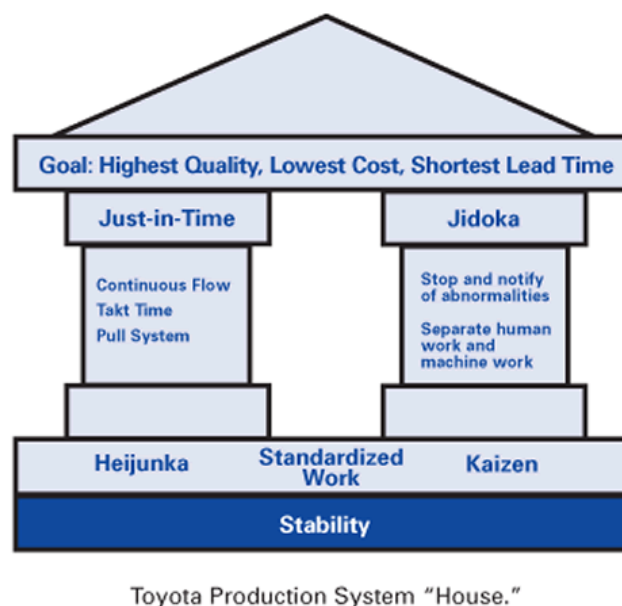


Ilustración 13: Toyota Production System "House". Fuente: Lean Enterprise Institute. (2004).

Con el paso del tiempo se observa que el Lean Manufacturing y el TPS no solo se aplica a la industria del automóvil o una cadena de montaje, sino que puede ser aplicado en cualquier ámbito empresarial incluso en día a día porque no existe una mejora absoluta, siempre hay cabida a otra por pequeño progreso que se obtenga.

3.4 Los 7 desperdicios.

El Lean Manufacturing tiene como uno de sus principales objetivos la eliminación de los desperdicios. Se define como desperdicio en este ámbito todo aquello que no añada valor al producto y por tanto debe eliminarse o reducirse si no es posible su eliminación, es decir toda actividad que consuma tiempo, espacio o recursos y no cumpla las tres siguientes tres premisas:

- Si cambia su forma, su ajuste o la función que tiene el producto.
- Si se hace bien a la primera.
- Si el cliente lo reconoce.

Deben darse las tres condiciones para que cualquier operación añada valor al producto, en caso de no cumplir una de las tres, este paso sería un desperdicio y se puede clasificar dentro de los siguiente siete grupos:

- Transporte
- Productos defectuosos
- Sobreproducción
- Espera
- Inventarios
- Movimientos innecesarios
- Ineficiencias en el proceso

Con el énfasis en la reducción o la eliminación de los desperdicios en nuestra organización tiene un gran impacto en el tiempo de producción ya que la mayor parte de este es tiempo sin valor añadido debido sobre todo a los numerosos transportes, esperas e inventarios sobredimensionados. (García Sabater; Valero Herrero; Marín García, 2011).

3.5 Diagrama Ishikawa.

El diagrama de pez o diagrama Ishikawa es una herramienta que se utiliza con el fin de encontrar la causa o causas raíz de un problema determinado. Es un instrumento visual que permite la participación de diversas personas pertenecientes a diferentes departamentos de la empresa. De esta manera se puede obtener más de un punto de visión y puede ser más fácil encontrar la causa inicial real del problema, aunque se demore más tiempo.

El objetivo de encontrar la causa raíz del problema es poder identificar y aplicar las soluciones adecuadas que van a acabar con este y proponer un plan de contingencia para que no vuelva a ocurrir. (Marín García; García Sabater; Vidal Carreras, 2011).

La estructura del diagrama es la siguiente: en la parte izquierda se ordenan las posibles causas del problema en seis campos (hombre, máquina, método, entorno, material y sistema)

y a la derecha del diagrama y con un mayor tamaño se expone el problema. Se puede observar en la Ilustración 17 como se aplica esta herramienta en un caso real.

3.6 VSM

El Value Stream Map es una herramienta propia del Lean Manufacturing, se utiliza para obtener información de los procesos necesarios para la transformación de las materias primas o los productos semielaborados en producto acabado y el modo y los medios en que se transmite la información entre los diferentes procesos. Se puede comparar con una foto actual de la empresa. (García Sabater, 2019).

Es un método que nos permite planificar y controlar la producción y recursos necesarios para ella, diagnosticar los posibles problemas que puedan existir y nos permite una buena comunicación de manera visual y fácil.

El Value Stream Map une tres conceptos imprescindibles: la factoría visual, la aportación de KPI's (Key Performance Indicator) y otros datos que se consideren importantes y por último la comunicación. Es una herramienta muy visual que facilita la operación con cualquier empleado, aunque no domine el Lean Manufacturing. (Rother & Shook, 1998).

A la hora de trazar un VSM el material que se recomienda utilizar es el siguiente:

- Un paquete de Post-It, goma y lápiz por persona, para poder apuntar inmediatamente cualquier cosa que le llame la atención. Ya sea relacionado con la producción o no. Por ejemplo, si ve algún aspecto relacionado con la seguridad/ergonomía lo debe apuntar inmediatamente, así como cualquier otro tema relevante.
- Una persona con un cronómetro para poder medir tiempos de ciclo, cambios de lote, tiempos de espera... en nuestro caso el encargado de cronometrar era un responsable del departamento de métodos y tiempos con cierta formación en MTM.
- Una persona encargada de rellenar una plantilla por proceso como la que se muestra en la Ilustración 19.
- Otra persona encargada de rellenar la plantilla de flujo del producto de la Ilustración 20.

Otros aspectos importantes para trazar el VSM son los siguientes:

- Bajar a planta, no fiarse de los tiempos establecidos (teóricos), hay que medir y obtener datos reales del día de hoy.
- Empezar a trazarlo desde el muelle de expediciones de producto final y recorrer el proceso aguas arriba. Es decir, ir en contra del flujo que siguen los productos para evitar avanzar por los procesos al mismo ritmo que los productos y no estar midiendo siempre el mismo lote de producto.
- Trazar el VSM con lápiz de manera que si te equivocas puedes corregir fácilmente borrando con la goma.
- Realizar el plan de acción al finalizar el trazado del VSM para zanjar el tema y que no se olviden conceptos importantes.
- Revisar todas las propuestas kaizen realizadas por cualquier miembro del equipo.

INDUSTRIAL

A continuación, se van a citar una serie de KPI's (Marín García & García Sabater, 2012) aconsejables a calcular al realizar el VSM, porque para mejorar se necesita medir previamente:

- FTT (First Time Trough), representa el porcentaje de unidades correctas a la primera que finalizan un proceso de producción con la calidad establecida, sin ser desechadas ni retrabajadas. El FTT de la línea es el producto de los FTT de cada proceso.

Ecuación 1: FTT

$$FTT = \frac{N^{\circ} \text{ ud. entrantes al proceso} - (N^{\circ} \text{ ud. retrabajadas} + N^{\circ} \text{ ud. desechadas})}{N^{\circ} \text{ ud. entrantes al proceso}}$$

- OEE (Overall Equipment Effectiveness), representa la capacidad industrial que tiene un equipo con la calidad definida, en la frecuencia deseada y sin interrupciones. Por tanto, el OEE solo se puede calcular de equipos industriales, no de útiles manuales como alicates, destornilladores, lápices soldadores, ... que son los que nos incumben en la línea estudiada.

Ecuación 2: OEE (Overall Equipment Effectiveness)

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Eficiencia} * FTT$$

- Disponibilidad: es el cociente entre el tiempo operativo del equipo (tiempo neto menos las paradas por mantenimiento, reuniones, averías, ...) y el tiempo disponible en cuestión del equipo (horario de apertura de la organización menos las paradas por contrato como comida, descanso, ...)

Ecuación 3: Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo neto}}$$

- Eficiencia. El tiempo de ciclo ideal de un equipo es el menor de todos los siguientes: tiempo de ciclo de las especificaciones del equipo, tiempo de ciclo actual, tiempo de ciclo de equipos parecidos y el mejor tiempo de ciclo alcanzado por este equipo.

Ecuación 4: Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tiempo de ciclo ideal} * N^{\circ} \text{ ud. entrantes al proceso}}{\text{Tiempo operativo}}$$

- Rendimiento de volumen

Ecuación 5: Rendimiento de volumen

$$\text{Rendimiento volumen} = \frac{\text{Piezas entregadas}}{\text{Piezas planificadas}}$$

- DTD (Dock to Dock). Tiempo que transcurre desde que entra la materia prima a la empresa hasta que se expide para su envío al cliente.

Ecuación 6: DTD (Dock to Dock)

$$\text{DTD} = D\text{Inventario MP} + \text{Inventario WIP} + \text{Tiempo de producción} \\ + \text{Inventario Producto Terminado}$$

- RVA (Ratio de valor añadido)

Ecuación 7: RVA (Ratio de valor añadido)

$$\text{RVA} = \frac{\text{Tiempo de valor añadido}}{\text{Tiempo de valor no añadido}}$$

Una vez terminado de trazar el VSM siguiendo las recomendaciones citadas anteriormente es hora de empezar a pensar en un estado futuro y por esto el VSM requiere un VSM future state con el objetivo de mejorar nuestro estado actual.

A la hora de trazar el VSM future state deben estar las mismas personas que estuvieron involucradas en el previo VSM para evitar que se quede cualquier mejora o posible cambio por aplicar. Conjuntamente con el future state hay que realizar los planes de acción para poder aplicar las mejoras kaizen propuestas anteriormente.

3.7 Kanban

La palabra Kanban procede del japonés que se puede traducir como “tarjeta visual” es un método originario del Toyota Production System fruto de la observación del funcionamiento de un supermercado de Estados Unidos. Los trabajadores del supermercado únicamente reponían los productos que extraían los clientes de la estantería de este modo nunca se quedaban sin stock y por el contrario no tenían unos volúmenes altos de inventario. Esta técnica llegó al TPS ligada del Just-in-Time como técnica visual con el objetivo de controlar la producción. (Manufacturing, s. f.)

Se trata de un procedimiento que controla que referencia hay que producir, que cantidad debemos producir y cuando producirlo. De este modo y con un correcto funcionamiento del sistema se puede asegurar que únicamente se produce lo que el cliente pide y cuando lo pide, en este ámbito definimos cliente como el proceso posterior (es decir la próxima estación de la línea de producción) así como el cliente de la última etapa de la línea de producción es el consumidor final.

INDUSTRIAL

La meta del Kanban es hacer fluir tanto los productos como la información desde los proveedores hasta los clientes finales por contrapartida a los procesos productivos basados en unas previsiones para crear unos stocks establecidos mediante los MRP. El Kanban trabaja con un sistema pull, es decir los procesos aguas abajo son los encargados de tirar con una tarjeta visual (demandan) de los productos que se fabrican aguas arriba y esta es la forma de asegurar que únicamente se fabrica aquello que el cliente desea o necesita.

En un entorno empresarial ideal se operaría con un Kanban de One Piece Flow (Flujo de una pieza) es decir no habría lotes de producción, se produciría de una en una cada pieza pedida por el cliente y cada pieza iría acompañada de su tarjeta Kanban. Este sistema es difícil de aplicar en el día a día debido a la existencia de los elevados tiempos de cambios de lotes entre una referencia y otra y aquellos procesos productivos como pueden ser hornos donde esperar a que alcancen su temperatura óptima para la producción de una pieza sería inviable económicamente. Para solucionarlo se agrupan en lotes de x unidades donde cada lote lleva adjudicada su tarjeta Kanban y una vez se consumen todas las piezas de dicho lote se fabricará aguas arriba todas las piezas pertenecientes a este. (Japan Management Association, 1998).

Existen una serie de máximas que se deben cumplir para conseguir el buen funcionamiento del Kanban:

- El proceso aguas abajo únicamente recoge el número de productos que indica el Kanban del proceso aguas arriba.
- El proceso aguas arriba solo produce la cantidad de productos que indica el Kanban del proceso aguas abajo.
- Únicamente se envían a procesos aguas abajo los productos 100% sin defectos. Los productos defectuosos deben ser rechazados o si cabe la posibilidad re TRABAJADOS.
- Siempre debe haber un Kanban vinculado a los productos.
- Ningún producto/lote de productos se puede transportar sin un Kanban.
- Revisar y recalcular el número de tarjetas Kanban periódicamente porque al reducir su número aumenta sensibilidad del sistema.

Al trabajar bajo un sistema regido por Kanban se consiguen una serie de beneficios:

- Facilita el control de la producción y su planificación.
- Se controla la producción mediante las reglas que posee el sistema pull.
- Convertir cualquier ámbito industrial en una línea de producción.

3.8 Fabricación Celular.

La fabricación celular es una técnica de fabricación clave para un entorno de fabricación Lean Manufacturing por diferentes motivos: mantienen un flujo ligero de componentes y materiales en máquinas y estaciones ubicadas juntas y de esta forma se minimiza el retraso el movimiento la espera y el transporte. Se trabaja con el principio One Piece Flow y JIT y de este modo se minimizan los inventarios y sobreproducción. Los trabajadores de la celda deben ser polivalentes en todos sus procesos y el número de trabajadores cambia de la mano de la demanda del cliente. (García Sabater, 2015).

Este sistema de fabricación tiene una serie de ventajas:

- Impulsa el progreso y la mejora por el hecho de tener un grupo de gente enfocada en determinados elementos.
- Libera espacio no necesario que se puede utilizar para realizar otras actividades que aporten valor añadido al producto.
- Al minimizar los movimientos y transportes se logra reducir los costes de mano de obra.
- Anima al trabajo en equipo y mejorar las relaciones entre los trabajadores.
- Salen a la luz muy fácilmente las demoras y desperfectos de los productos.
- Reduce el lead time para entregar el producto final al cliente.
- Se obtiene un sistema más flexible porque depende de la carga de trabajo se pueden colocar distintas combinaciones de trabajadores en la célula.

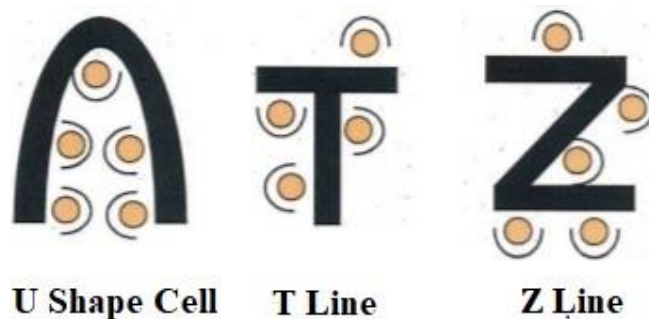


Ilustración 14: Tipos de Células de Fabricación. Fuente: Schneider Electric

Hay tres tipos de Células de fabricación como se observa en la Ilustración 14: Tipos de Células de Fabricación. Ilustración 14.

- U Shape Cell: Este tipo de célula es la que se instaurara posteriormente en el trabajo por diversos motivos:
 - Reduce el movimiento de materiales y operarios porque facilita la comunicación entre los trabajadores.
 - Se observa con facilidad toda la ruta del producto
 - El tren de material suministra los componentes necesarios por detrás de la célula sin entorpecer la producción ni entrar en contacto con los operarios.
 - Hay numerosas opciones de equilibrar la célula.
- T Line: Este tipo de célula es más usada para aquellas que fabrican dos o más productos que comparten o no operaciones.
- Z Line: Disposición para construir alrededor de monumentos u otras limitaciones, de esta manera los operadores pueden gestionar una o más máquinas.

3.9 Conclusiones

En el presente capítulo se han desarrollado los conceptos teóricos ligados al Lean Manufacturing y las técnicas que posteriormente se aplican durante la realización de este trabajo.

Para empezar, se explica el Lean Manufacturing, cuáles son sus objetivos y de donde procede haciendo hincapié en que la parte más importante de este es implantarlo como una cultura de la empresa porque es como verdaderamente se explotan sus mayores beneficios y un ejemplo de esto es el TPS.

Posteriormente se centra en algunas herramientas o técnicas propias del Lean Manufacturing que es necesario entender para poder seguir con fluidez el proyecto donde son aplicadas todas ellas.

En el próximo capítulo expondrá la actualidad de la empresa y se presentaran los datos necesarios para realizar un posterior análisis y con este un plan de acción de mejora con el objetivo de solucionar el problema en cuestión.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS

4.1 Introducción

Como se ha explicado en el capítulo 2, en la sección dedicada a la descripción de los productos que se fabrican en Schneider Electric Meliana, la línea que se va a estudiar en el siguiente Trabajo Final de grado es la línea ID.

Como se puede observar en la Ilustración 15, pese a llevar más de 20 años en el mercado y con una bajada de demanda considerable entre el 2010-2015 (debido a la aparición de nuevos productos más innovadores y con mejores prestaciones como son los IDTIM y SURYA con fecha de lanzamiento al mercado en 2010), ha subido su consumo considerablemente. Esto ha producido numerosas rupturas de cliente debido a que las previsiones anuales no reflejaban este incremento.

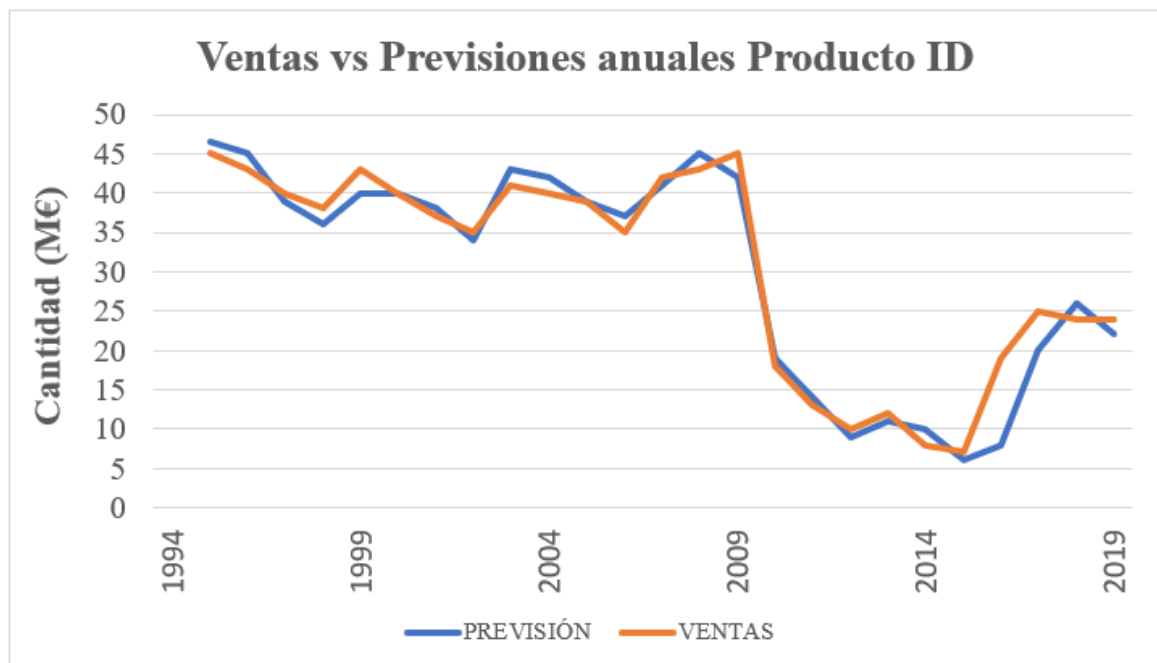


Ilustración 15: Volumen de ventas y previsiones anuales producto ID. Fuente: Elaboración propia.

Como causa de que la demanda de este producto era muy variable y no permanecía constante no se estableció trabajar mediante el supermercado Kanban en su día. Actualmente con una demanda que a vistas de los 3 últimos años y según las previsiones de los próximos se espera que sea estable se procederá a calcular un supermercado Kanban para la línea XE (línea de mayor volumen de la gama) en subcontratación local.

4.2 Problemática

Como consecuencia del aumento de demanda del producto ID y en concreto de la línea de XE, se llevó a cabo un plan de acción estratégico con sus diferentes estudios de volumen de ventas, capacidad de reacción, factibilidad, costes, ... y la solución final fue el outsourcing

INDUSTRIAL

de las referencias con más volumen de ventas, que dentro del producto ID era la línea XE formada por los siguientes productos: XE10987, XE10187, XE10985 y XE10185.

Los procesos de toda la cadena de valor del producto final que se subcontratan son aquellos que no necesitan mano de obra cualificada. La mayor parte de estos son operaciones manuales donde el operario no tiene contacto con las máquinas, sino que trabaja con alicates, destornilladores o una serie de útiles manuales relativamente fáciles de manejar. Realizando los procesos más complejos que requieren de mano de obra cualificada en la propia planta de Schneider Electric Meliana.

Esta decisión fue tomada con el fin de reducir costes debido a que la mano de obra de los subcontratistas es más barata que la mano de obra de Schneider Electric Meliana. Se llevaron medios industriales tanto a subcontratación local con el fin de tener una fuente cercana y que te pueda entregar Just in Time debido a que se encuentra a 5 km de la planta de Meliana y también a subcontratación Low Cost, países del Este de Europa caracterizados por ser países con mano de obra poco cualificada y barata.

De esta manera combinando subcontratación Local, Low Cost y los procesos realizados en Schneider Electric Meliana se lograban equilibrar los costes de la mano de obra de un producto ya asentado en el mercado.

Tabla 1: Tasa horaria y lead time

TASA HORARIA Y LEAD TIME DE LOS SUBCONTRATISTAS		
	TASA HORARIA	LEAD TIME
Low Cost	3,60 €	21 días
Local	7,50 €	3 días
SEE	21,00 €	

Tanto el precio de tasa horaria local como Low Cost está incluido el transporte, para poder comparar ambos con las mismas condiciones.

Se asignó un 90% del volumen a Low Cost y un 10% del volumen asignado a Local, para lograr el objetivo de mantener una baja tasa horaria. De este modo en subcontratación local se disponían de unos medios industriales no saturados el 100% de tiempo con cierta holgura por si se disparan los picos de consumo de cliente poder satisfacerlos con dichos medios debido a que el Lead time Local es menor que el de Low Cost y te permitiría mantener un buen nivel de servicio.

4.3 Rupturas de Cliente

Como resultado de este aumento en la demanda y debido a que Schneider pasa unas previsiones vista a 2 años a sus proveedores de piezas necesarias para ensamblar los subconjuntos que se fabrican en subcontratación, se encuentran con un problema de suministro de proveedor y no logra entregar la producción acorde al plan de entregas que

INDUSTRIAL

necesitaría para poder satisfacer la demanda al cliente respetando la cuota establecida 90% Low Cost y 10% Local.

En concreto la pieza con la que tenían problemas con el proveedor es el toroide, elemento que llevan todos los subconjuntos fabricados en subcontratación. Este proveedor entregaba acorde a las previsiones bianuales debido a su limitación de capacidad y esto provocó numerosas rupturas de cliente hasta que este pudo aumentar su capacidad y entregar acorde los pedidos de cliente que recibía Schneider.

En la Ilustración 16 se observa el toroide bobinado con las cuatro conexiones de cobre, el toroide es la pieza blanca plástica. Se trata de un hilo conductor envuelto por n espiras por las que circula una corriente que con el paso de corriente forman un campo magnético en su interior formado por los círculos concéntricos, de manera que fuera de este el campo magnético es 0.



Ilustración 16: Toroide Bobinado. Fuente: Elaboración propia.

En este momento debido a las rupturas generadas por la falta de toroides, subcontratación Low Cost tiene los medios industriales saturados y fabricar un medio industrial nuevo llevaría más de 1 año por lo que no es la solución más reactiva. Del mismo modo subcontratación local había sufrido un considerable aumento del volumen de estas referencias y no conseguía entregar la cantidad planificada. Nos transmitían que les faltaba capacidad industrial, pero mediante un estudio de capacidad hecho con los tiempos establecidos a MTM se observó que no tenía los medios saturados. Debido a que no lograba entregar la cantidad de piezas correspondiente a estos tiempos, se procedió a realizar un diagrama Ishikawa o diagrama de pez. El objetivo es encontrar la causa raíz de nuestro problema, que es que el subcontratista no entrega acorde a la planificación que se les pasa semanalmente planificándose en función de su capacidad industrial.

Cada Ruptura de la Tabla 2 hace referencia a la no entrega de un pedido a un centro logístico del grupo Schneider Electric, que a su vez este puede estar incurriendo en una ruptura a un cliente directo como puede ser una empresa electricista o simplemente puede estar por debajo de su stock de seguridad lo que le puede llevar a no servir un pedido. Por otro lado,

INDUSTRIAL

la Suma de Cantidades en Ruptura de la Tabla 2 hace referencia a la suma agregada de producto final de todos los pedidos que están en ruptura.

Como se observa en la Tabla 2, el producto ID es el segundo que más rupturas de cliente tiene, después del RCBO que es el producto con mayor volumen de la planta de Schneider Electric, pero no se va a tratar en este Trabajo Final de Grado debido a que las rupturas no son generadas por ningún problema relacionado con la subcontratación.

Tabla 2: Rupturas de cliente por producto.

RUPTURAS DE CLIENTE		
PRODUCTO/TALLER	SUMA DE RUPTURAS	SUMA DE CANTIDADES EN RUPTURA
RCBO	202	10908
ID	77	4158
IDTIM	21	1134
VIGIQPN	12	648
MONTBLANC	9	486
SURYA	5	194
LIFESPACE MONTAJES	2	412
TELETIM	2	48
BOTTOM FEED	1	2
Total general	331	17990

Dentro del producto ID hay diferentes cadenas por lo que en la Tabla 3 se van a desglosar las 77 rupturas en las diferentes cadenas de este para poder ver por dónde empezar con el fin de solucionar el mayor número de rupturas posible.



INDUSTRIAL

Tabla 3: Rupturas producto ID clasificadas en sus diferentes cadenas.

RUPTURAS PRODUCTO ID		
CADENA	SUMA DE RUPTURAS	SUMA DE CANTIDADES EN RUPTURA
XE	55	2970
PBR10	6	324
B11	4	216
R10	4	216
BR30	3	162
R30	2	108
BR10	2	108
C30	1	54
ID	77	4158

Se puede observar que la cadena que más rupturas de cliente tiene es la XE, por ser la que mayor volumen de ventas posee dentro de este y la cadena a tratar en el presente trabajo. Posteriormente habría que realizar la misma metodología en todas las demás cadenas para lograr el objetivo de tener cero rupturas y no perjudicar el nivel de servicio.

4.4 Diagrama Ishikawa.

Con el fin de recuperarse lo antes posible de esta situación, poder satisfacer a nuestros clientes y continuar con una posterior buena tasa servicio se procede a buscar la causa raíz de nuestro problema (La cantidad planificada al subcontratista era mayor que la Cantidad entregada). Por esto se decide una herramienta de análisis de problemas como el diagrama de pez para llegar a la causa raíz del problema que nos incumbe.

Para realizar el diagrama de pez, se realizó una reunión con un equipo multidisciplinar con el fin de cubrir todas las posibles causas que podían haber originado el problema y no dar por alto una cosa, que puede ser obvia para nosotros y no tenerla en cuenta, en cambio ser imprescindible para otra área del proceso por el que pasa esta cadena.

Lo primero fue formar el equipo de trabajo, el equipo estaba formado por las siguientes funciones soporte:

- Dos operarios que forman parte del proceso de esta línea. (subcontratista)
- El responsable de producción del subcontratista.
- El responsable de subcontratación de SEE.
- Un responsable de Supply Chain de SEE.
- Un responsable de Métodos de SEE.
- Un responsable de calidad de SEE.
- Un responsable de mantenimiento de SEE.

INDUSTRIAL

Durante la reunión, donde fue imprescindible la participación de todos los miembros para poder solucionar el problema, se elaboró el siguiente diagrama de pez como muestra la Ilustración 17, donde se establecieron las posibles causas a nuestro problema clasificadas en 6 ámbitos:

- **Hombre:** cualquier causa donde pueda intervenir una persona desde el almacén de MP, el propio operario, responsables de producción, ...
- **Máquina** (en este caso hace referencia al puesto de trabajo y los útiles de cada uno de estos ya que no hay máquinas industriales en esta línea)
- **Método:** el punto más conflictivo de la reunión donde el subcontratista afirmaba que se planificaba por encima la capacidad industrial, en cambio el responsable de Métodos y tiempos aseguraba que estaba planificando la producción de manera incorrecta ya fuera por no seguir el método de producción (Work Instruction), excesivos cambios de lotes, falta de destreza...
- **Entorno:** cualquier factor o circunstancia que rodee el proceso.
- **Material:** los componentes y diferentes piezas necesarias para ensamblar dicho producto.
- **Sistema:** en este caso se ha querido diferenciar el sistema del entorno, para tratar en el apartado de sistema cualquier cosa relacionada con el ERP (SAP) con el propósito de tener mejor enfocado el problema y ser más específico.

ROTURAS DE STOCK

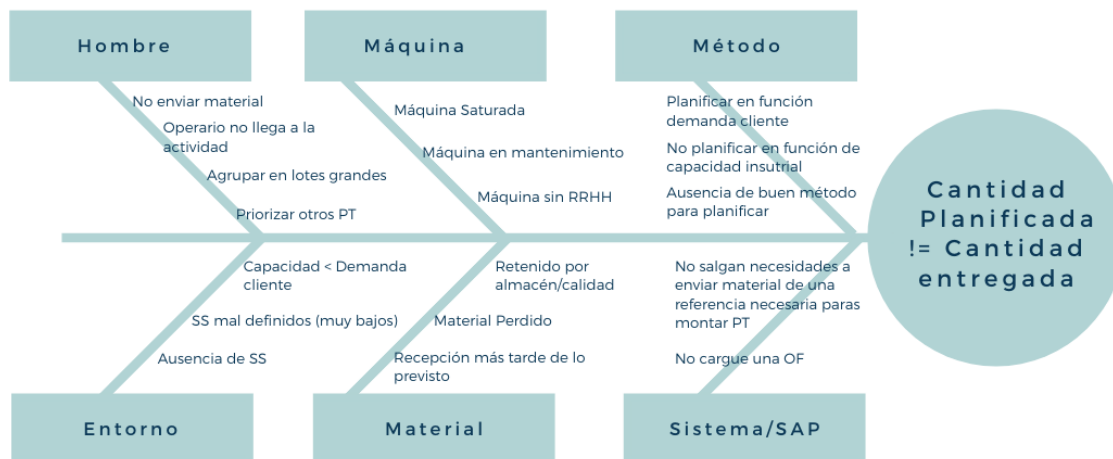


Ilustración 17: Diagrama de pez/Ishikawa de Roturas de stock. Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el Ishikawa de las posibles causas del problema se analizan las causas comunicadas por el subcontratista por las que no entrega la cantidad que se le planificó. De este modo no se va directamente a las causas que nos comunica el subcontratista, sino que se profundiza más y se tiene una visión más amplia ya que el subcontratista solo ve una

INDUSTRIAL

pequeña parte del proceso y puede estar enfocado en una causa que no sea la causa raíz del problema.

En la Ilustración 18 están expuestas las causas ordenadas de mayor a menor impacto. El 100% será la cantidad (total) de producto final que ha dejado de entregar y porcentaje de cada causa hace referencia a la cantidad de producto final que no ha entregado ligado a dicha causa. Se ha tratado de diagramar al máximo cada causa para tener más acotado el campo donde actuar.

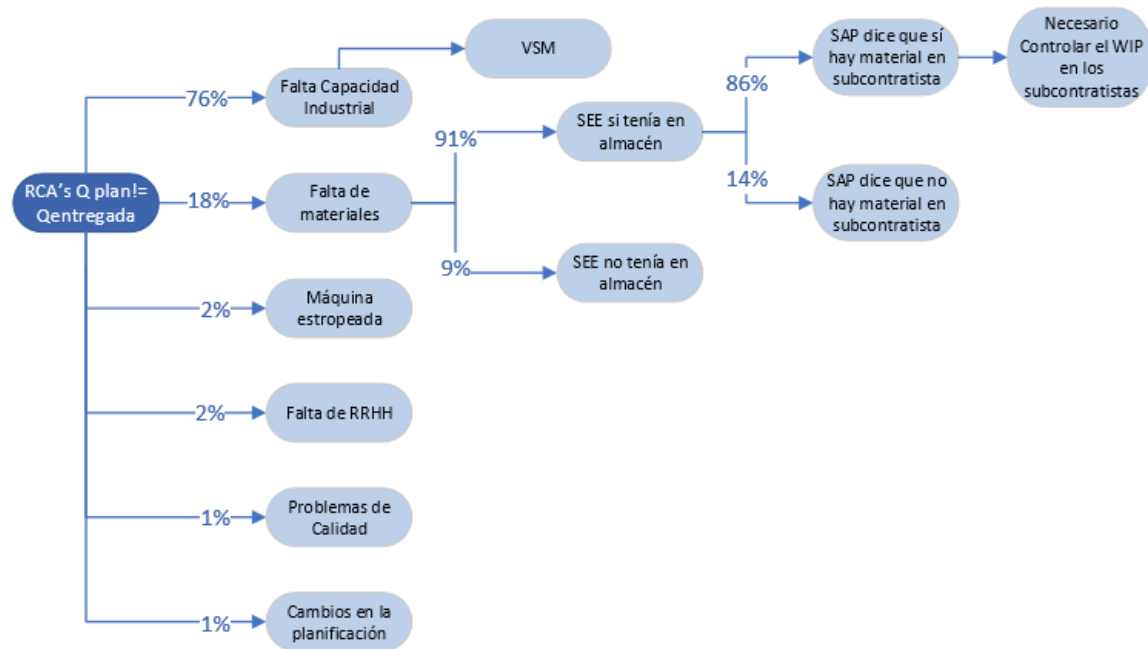


Ilustración 18: Causas comunicadas por el subcontratista debido al incumplimiento de la planificación semanal. Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Ilustración 18, la principal causa de las no entregas es la falta de capacidad industrial, en cambio según los tiempos tomados en su día tienen suficiente capacidad.

Como resultado del diagrama de pez y las causas comunicadas por el subcontratista por las que no se ha cumplido con la planificación semanal se procederá a realizar un VSM (Value Stream Mapping), con el fin de analizar más profundamente la causa raíz que más impacto tiene de las no entregas (la falta de capacidad) y solucionar el problema lo más rápido posible.

4.5 Value Stream Mapping.

El VSM es una herramienta muy visual que nos permite diagramar todos los procesos por los que pasa un producto o una misma familia de productos, desde que entran al almacén de materias primas hasta que salen del almacén de producto final para entregar al cliente. Es una técnica que puede servir tanto para diagnosticar un problema, para planificar y controlar la organización o como de comunicación para facilitar la gestión de la empresa.

INDUSTRIAL

El equipo que va a realizar el VSM es el mismo que anteriormente ha hecho el diagrama de pez encabezado por el responsable de subcontratación de SEE (team leader).

El VSM se va a trazar de la cadena XE, en concreto de la referencia XE10987 porque se debe realizar de un producto/familia con un gran impacto sobre las ventas y que este pase por los principales procesos de la organización.

Las tres primeras referencias de la Tabla 4 (COPIAUT, COTREPIAUT Y CONPINAREM) son conexiones de cobre que el subcontratista utiliza tanto como uno de los componentes de sus kits (XE10987, XE10187, XE10985 y XE10185) para consumo interno como para vender a SEE como producto final. Las conexiones de cobre se utilizan en la mayoría de los kits para realizar el bobinado de los toroides como por ejemplo la Ilustración 16.

SEE tiene una serie de robots que se encargan de desenrollar las bobinas de cobre y conformarlas para cada producto final. Debido a que estos robots están saturados en estos momentos y que el subcontratista ya se conforma las conexiones para sus propios kits y estas son comunes a otros kits que realizan otros subcontratistas, puntualmente se le pide al subcontratista que realice dichas conexiones como producto final además de su propio consumo.

La Tabla 4 muestra la ruta de los diferentes productos que pasan por la línea XE del subcontratista, se puede observar que el kit XE 10987 pasa por los principales procesos de la línea. Es por esto y por su elevado volumen de ventas por lo que se va a trazar el VSM de esta referencia.

Tabla 4: Ruta productos cadena XE

RUTA PRODUCTOS DE LA CADENA XE								
REFERENCIA PT	SOLDADURA CONEXIÓN PIN + TRENZA	SOLDADURA PIN + TRENZA + RESISTENCIA	SOLDADURA PIN + PAILLON	BOBINADO	INSERCCIÓN ZÓCALO	SOLDADURA COLECTOR	CONFORMADO RELÉ	CERRADO POLO BLANCO
COPIAUT			X					
COTREPIAUTNBT	X	X	X					
CONPINAREM			X					
XE 10987	X	X	X	X	X	X		
XE 10185	X	X	X	X	X	X	X	
XE 10187	X	X	X	X	X	X	X	
XE 10985	X	X	X	X	X	X	X	X

Las necesidades diarias de cliente de las referencias de la línea XE (Tabla 4) se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5: Demanda distintas referencias cadena XE

DEMANDA CADENA XE	
REFERENCIA PT	Demanda Diaria
XE 10987	632
XE 10185	83
XE 10187	50
XE 10985	35
COPIAUT	330
COTREPIAUTNBT	420
CONPINAREM	150

Con lo comentado anteriormente (volumen y paso por los principales procesos) y siendo el proceso de inserción del zócalo el cuello de botella de la línea (comparando también con conformado relé y cerrado polo blanco). Esta es una razón más por la que al realizar el VSM del XE 10987, de este modo se van a tener representadas todas las referencias de la cadena, sin verse perjudicado el hecho de no incluir el proceso de conformado relé y cerrado polo blanco.

El cuello de botella es el proceso más lento de una línea de producción siendo este el proceso que limita la capacidad de tu línea y por tanto ralentiza el flujo de productos de esta. Por esto si no hay problema de capacidad en el puesto de inserción del zócalo, no habrá problema de capacidad industrial ni en conformado relé ni en cerrado polo blanco, procesos por los que pasan los KITS XE10187, XE10985 y XE10185, los cuales no se van a diagramar por pertenecer a la misma familia, añadiendo que por estos procesos pasan un menor número de kits en comparación al cuello de botella.

Tabla 6: Datos no considerados en el VSM.

DATOS ADICIONALES					
PROCESO	SOLDADURA CONEXIÓN PIN + TRENZA	SOLDADURA PIN + TRENZA+ RESISTENCIA	SOLDADURA PIN + PAILLON	CONFORMADO RELÉ	CERRADO POLO BLANCO
TC (horas/pieza)	0,003	0,003	0,004	0,007	0,003
Carga diaria (horas/día)	4,067	4,067	6,139	1,167	0,097
Tiempo disponible (horas)	15	15	15	15	15

La Tabla 6 muestra algunos datos no contemplados en el VSM para facilitar su realización y por no formar parte del KIT con mayor volumen, el XE10987.

Por una parte, se ha calculado la carga diaria de los puestos de soldadura considerando tanto el volumen de KITS, como el de las tres conexiones que pasan por estos. De este modo se observa que no hay problema de capacidad en estos puestos ya que el volumen diario de las conexiones no está contemplado en el VSM.

Por otro lado, también se ha calculado la carga de los puestos de conformado relé y cerrado polo blanco, no dibujados en el VSM. Por dichos procesos pasan los tres kits con menor volumen XE10985, XE10185 y XE10187.

Los diferentes tiempos de ciclo fueron tomados con cronómetro en el puesto de trabajo in situ en el momento de realización del VSM. Posteriormente han sido pasados a horas. Multiplicando el volumen de piezas que pasan por cada proceso por este tiempo de ciclo, se obtiene la carga diaria y se observa que es considerablemente menor que el tiempo disponible de la estación de trabajo correspondiente.

Para trazar el VSM con mayor facilidad se aconseja utilizar plantillas visuales con el fin de tener que escribir lo mínimo posible y reducir el tiempo de realización del VSM, pero recogiendo el mayor número de datos necesarios. Un ejemplo de estas son la Ilustración 19 y la Ilustración 20.

Nombre del proceso: Inserción zócalo **TAKT:** 67,5 segundos/pieza

Indicadores relevantes:

Número de operarios (directos/indirectos) 1 operario

Productividad (piezas/operario hora) 62

Tiempo de ciclo: 58 segundos/pieza

Tiempo de cambio de lote: 7 minutos

Tamaño de lote mínimo: 54 piezas

FTT: 97,5%

OEE: No hay porque es un ensamblado manual.

Tiempo de mantenimiento de la última semana/mes: 0

Averías última semana/mes: 0

Número de turnos disponibles: 2 turnos de 7,5 horas/turno

Inventario en proceso anterior: 0 piezas

Inventario proceso posterior: 432 piezas.

Flujo de información:

Cómo se programa la producción: secuencial/manual/Kanban MANUAL

Periodicidad del programa: programa diario/semanal DIARIO

¿Como llega la información? ¿ERP, teléfono, ...? HOJA DE PAPEL

Siguiente paso: Almacén/Proceso/Otro SOLD. COLECTOR

Ilustración 19: Plantilla proceso VSM. Fuente: Elaboración propia.

CURSOGRAMA ANALÍTICO (DOC-03) -- OPERARIO / MATERIAL / EQUIPO								
DIAGRAMA Nº: 1			RESU					
Página nº: 1			ACTIVIDAD					
Objeto: VSM			OPERACIÓN <input type="radio"/>					
ACTIVIDAD: VSM			TRANSPORTE <input type="checkbox"/>					
			ESPERA <input type="checkbox"/>					
			INSPECCIÓN <input type="checkbox"/>					
MÉTODO: (ACTUAL) / PROPUESTO			ALMACENAMIE <input type="checkbox"/>					
Compuesto por: Pepe Duart		Fecha: 10/01/2020		DISTANCIA				
Aprobado por: Francisco Benau		Fecha: 15/01/2020		TIEMPO (h)				
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Distancia	Tiempo	SIMBOLO				
	Unidades -> Piezas	metros	segundos	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Almacén incontrolado de entrada	7.500							X
Transporte a Soldadura conexión Pin - Trenza		10			X			
Almacén Incontrolado Soldadura conexión - Pin - Tr	250							X
Soldadura conexión - Pin - Trenza			12	X				
Transporte a Δ Resistencia		5			X			
Almacén Incontrolado Soldadura conexión Pin - Trenza - Resistencia	150							X
Soldadura conexión - Pin - Trenza - Resistencia			12	X				
Transporte a Δ Soldadura conexión Pin - Paillon		10			X			
Almacén Dprevio Soldadura conexión Pin - Paillon	250							X
Soldadura conexión - Pin - Paillon			13	X				
Almacén Posterior Soldadura conexión Pin Paillon	300							X
Transporte a Δ Botinado		5			X			

Ilustración 20: Plantilla Flujo VSM. Fuente: Elaboración propia

Con las plantillas (Ilustración 19, Ilustración 20), el material nombrado en el apartado 3.6 VSM y el equipo multidisciplinar formado por el team leader que se detalla en la Tabla 7 donde se especifica la función de cada miembro se puede empezar a trazar el VSM por el muelle de expediciones como se ha comentado anteriormente. No obstante, para facilitar la comprensión y el seguimiento del VSM se expondrá siguiendo el flujo habitual del producto.

Tabla 7: Equipo multidisciplinar de implementación del VSM

MIEMBROS DEL EQUIPO DE IMPLEMENTACIÓN DEL VSM	
MIEMBRO	FUNCIÓN A REALIZAR
Becario de producción de SEE	Completar plantillas proceso (Ilustración 19)
Responsable de Métodos SEE	Medir tiempos de ciclo y cambios de lote
Responsable de calidad SEE	Recuento de defectuosos y retrabajos de cada proceso
Responsable de producción SEE	Team Leader
Responsable de mantenimiento SEE	Control de seguridad y 5S
Responsable de Supply Chain SEE	Control de inventarios y almacenes
Responsable de producción subcontratista	Completar plantilla flujo (Ilustración 20)

El subcontratista en cuestión debe entregar 800 kits diarios a Schneider Electric, con cierta cantidad de cada referencia dependiendo del día y la planificación en cuestión. Schneider Electric envía previsiones trimestrales al subcontratista. Del mismo modo que planifican la producción semanal conjuntamente en una reunión todos los jueves.

El encargado de logística del subcontratista nos informa que en el almacén de entrada de materia prima hay unas 7500 piezas y tanto en este almacén como en los demás no existe un control de cantidades. Diariamente reciben un camión con materia prima de Schneider Electric el mismo encargado de llevar los productos terminados.

El proceso de Soldadura Conexión Pin-Trenza está realizado por un operario y recibe órdenes de producción diarias. La responsable de producción del subcontratista, comenta que es el mismo operario el que realiza también los otros dos procesos de soldadura (Soldadura Pin-Trenza-Resistencia y Soldadura Pin Paillon), debido al corto tiempo de ciclo y similitud entre procesos.

Tabla 8: Datos Parte 1 del VSM.

DATOS POR PROCESO VSM		
PROCESO	Soldadura Conexión Pin-Trenza	Soldadura Conexión Pin-Trenza-Resistencia
Producción (piezas totales)	20	40
Piezas defectuosas	0	1
Piezas retrabajadas	1	1
Tiempo C. O	5 minutos	5 minutos
Tiempo de ciclo	12 segundos	12 segundos

En la Tabla 8 se muestran los datos tomados in situ en el puesto de trabajo que posteriormente se utilizaran para calcular los ratios y plasmar en el VSM Ilustración 21.

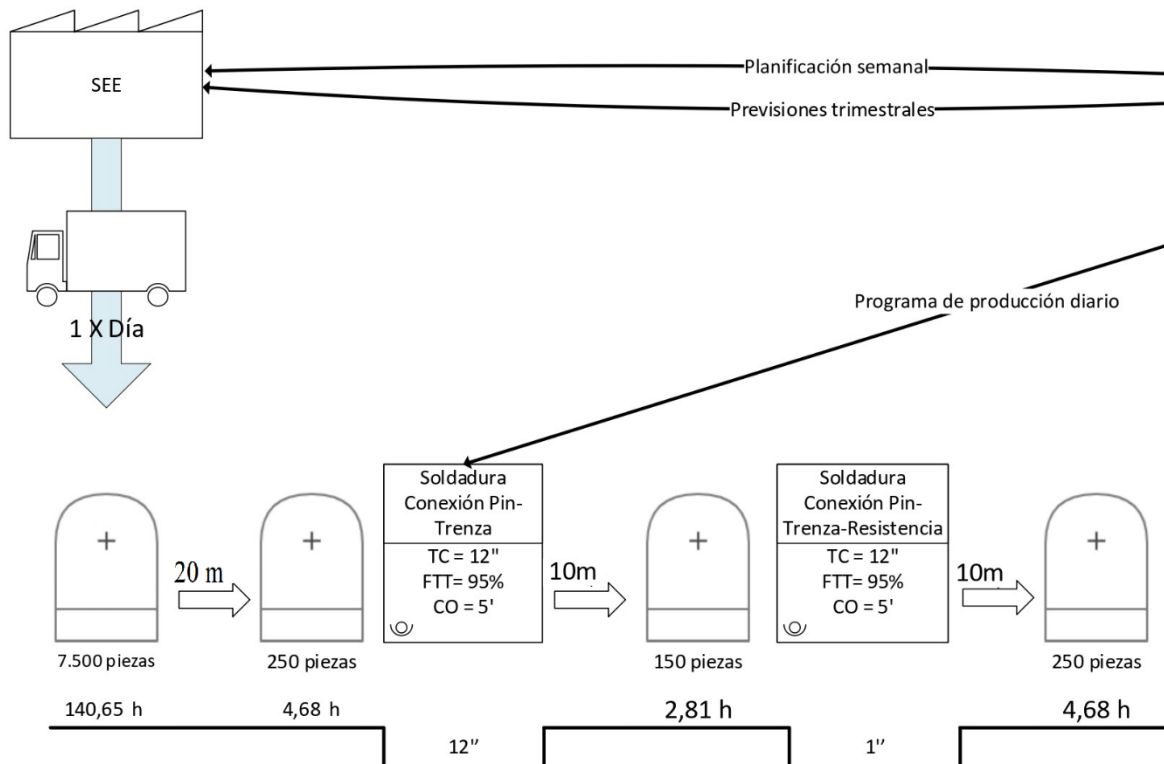


Ilustración 21: Parte 1 del VSM. Fuente: Elaboración propia

Al realizar el mismo operario las tres operaciones de soldadura, se observa que se desplaza demasiado. Aunque no son unos procesos con cargas de trabajo altas y el tiempo de ciclo de cada proceso es mucho menor que el TAKT de la línea, el desplazarse es un desperdicio y

debe eliminarse o reducirse en caso de no poder eliminarlo. Este apartado se tratará más adelante como una mejora.

Durante la toma de datos en el proceso de Bobinado pese a la correcta definición del puesto de trabajo y la detallada ubicación de sus almacenes, se observa que hay una gran cantidad de piezas y útiles desubicados fruto de una mala organización del operario y como consecuencia le repercute en el tiempo de producción.

Tabla 9: Datos Parte 2 del VSM.

DATOS POR PROCESO VSM		
PROCESO	Soldadura Conexión Pin-Paillon	Bobinado
Producción (piezas totales)	40	100
Piezas defectuosas	2	2
Piezas retrabajadas	0	0
Tiempo C.O	5 minutos	8 minutos
Tiempo de ciclo	12 segundos	27 segundos

En la Tabla 9 se muestran los datos tomados in situ en el puesto de trabajo. Las piezas totales y defectuosas del proceso de bobinado que se han fabricado durante el transcurso del turno,

INDUSTRIAL

son recopiladas por el propio operario en una hoja, debido a que estas piezas tienen un mayor valor económico y realizan un seguimiento más estricto.

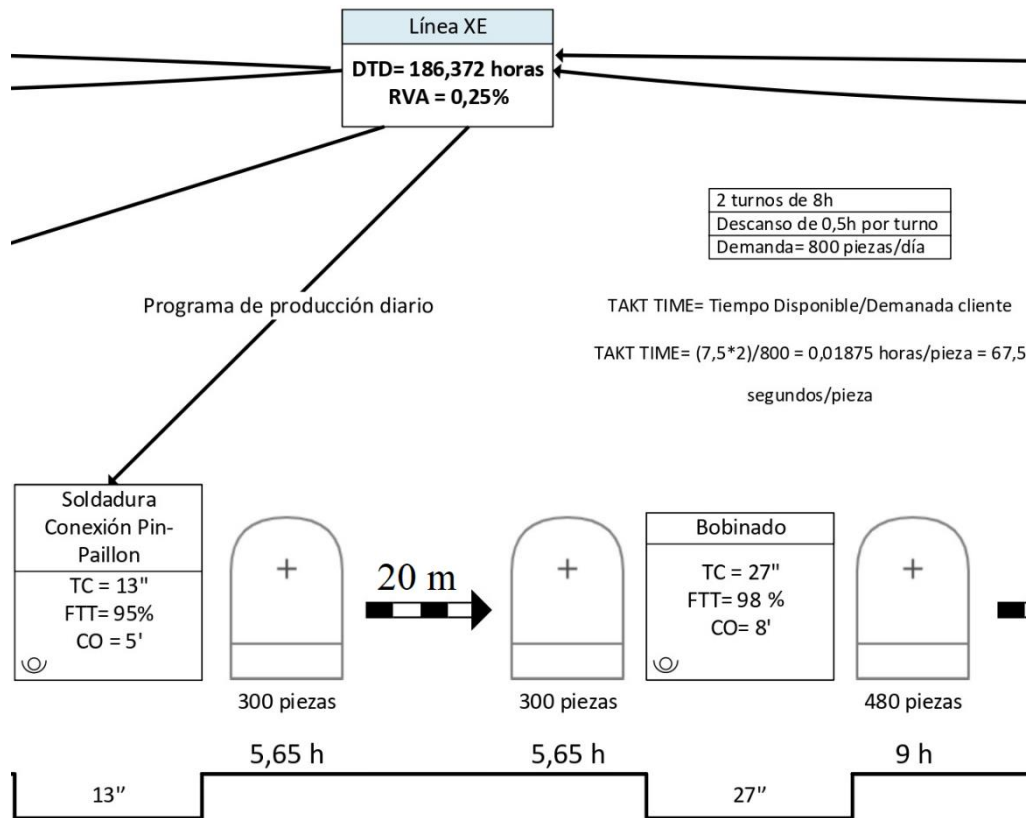


Ilustración 22: Parte 2 del VSM. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la última parte del VSM Ilustración 23, se centra especial atención al cuello de botella de la línea, en este caso es Inserción Zócalo. Se observa que es una operación compleja, pero según la apreciación del responsable de métodos y tiempos, el operario en cuestión tiene la suficiente habilidad y la realiza según el método de trabajo establecido. Con un tiempo de ciclo del cuello de botella de 58 segundos por debajo del 90% del tiempo de TAKT no debería haber problema para entregar todo lo planificado, pero durante la toma de datos, se ejecutan más cambios de lotes de los necesarios.

En el último proceso, el de soldadura colector se observa que falta la documentación del puesto, es decir no está la instrucción de trabajo ni los estándares de calidad y seguridad expuestos en el panel de la mesa. Además, el operario no calza los zapatos de seguridad obligatorios.

INDUSTRIAL

Tabla 10: Datos Parte 3 del VSM.

DATOS POR PROCESO VSM		
PROCESO	Inserción zócalo	Soldadura colector
Producción (piezas totales)	40	200
Piezas defectuosas	1	2
Piezas retrabajadas	0	1
Tiempo C.O	7 minutos	3 minutos
Tiempo de ciclo	58 segundos	48 segundos

En la Tabla 10 se encuentran los datos que se utilizarán para incluir en el VSM Ilustración 23. Los tiempos de cambios de lote y los tiempos de ciclo son tomados rigurosamente mientras se observaba el proceso y los datos referentes a las piezas son recogidos de la hoja de producción que rellena durante el turno el propio operario.

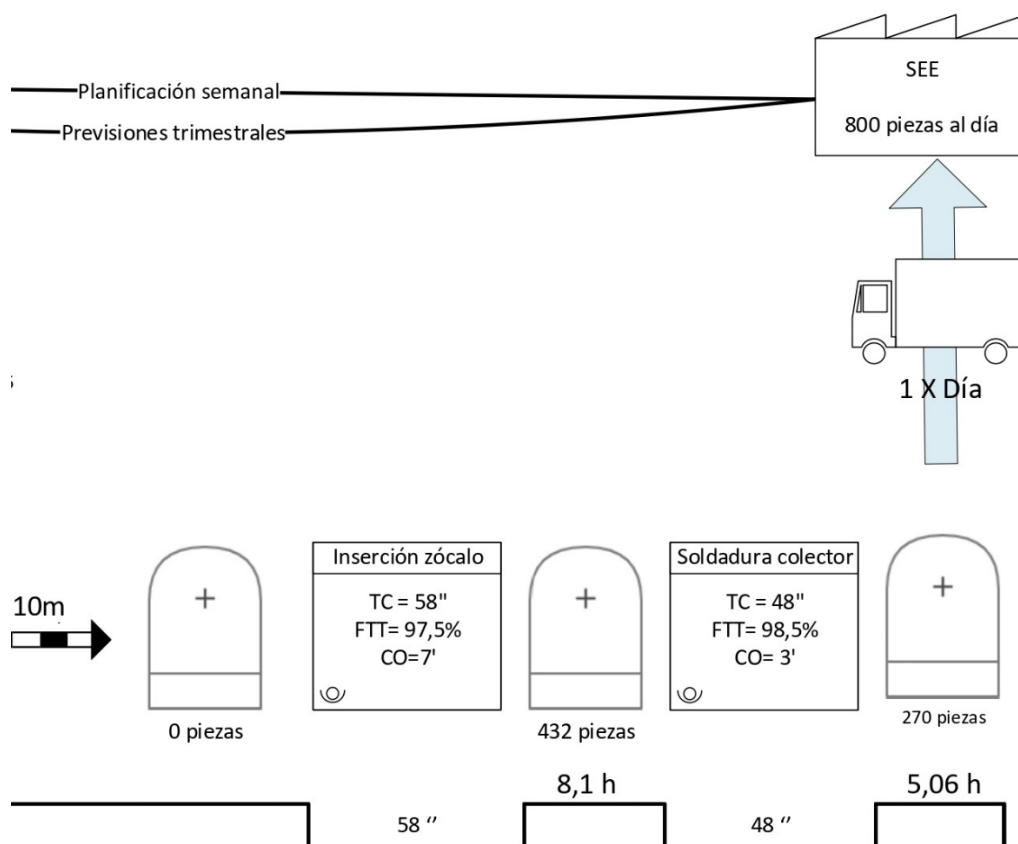


Ilustración 23: Parte 3 del VSM. Fuente: Elaboración propia.

Al final de la línea de producción se encuentra el almacén de producto terminado desde donde se envía diariamente la producción a Schneider Electric. Este mismo transporte en el trayecto de vuelta es el encargado de proporcionar las materias primas necesarias para la fabricación del próximo día de producción.

En la Ilustración 24 se muestra el VSM de la línea de una sola pieza, pero para mejorar la legibilidad se decide fragmentarlo en tres partes (Ilustración 21, Ilustración 22, Ilustración 23). De este modo facilita también la explicación del mismo pudiéndose centrar y detallar cada proceso por separado.

INDUSTRIAL

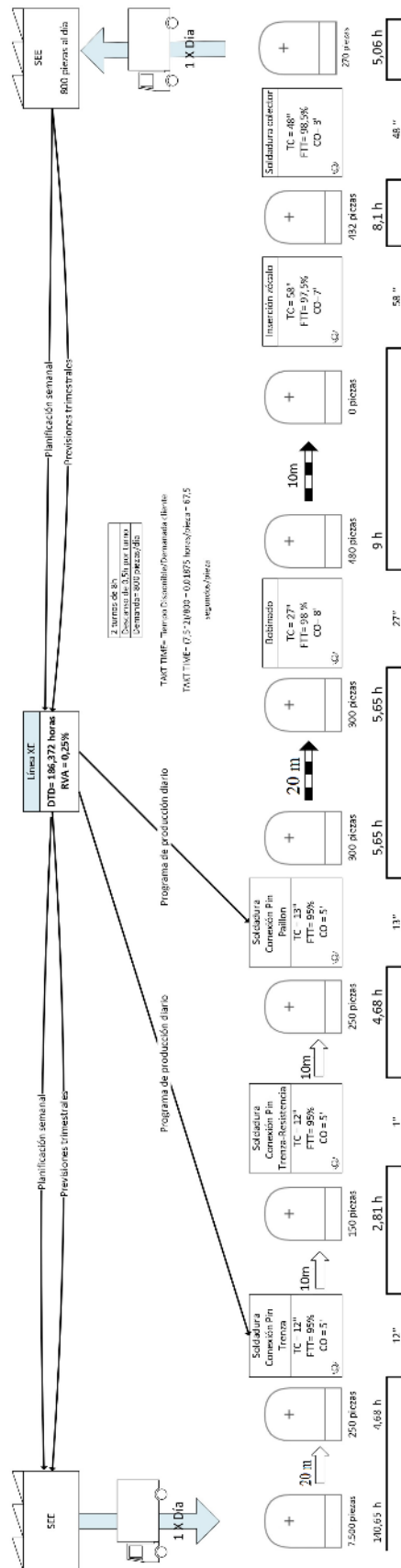


Ilustración 24: VSM línea XE. Fuente: Elaboración propia

INDUSTRIAL

Los datos de demanda diaria son 800 Kits diarios, el mix de estos se pueden ver en la Tabla 5. El subcontratista trabaja a dos turnos de 8h con un descanso por turno de media hora. Con lo que el tiempo disponible serán 15h/diarias y con esto ya podemos calcular el TAKT. KPI más importante del VSM para poder satisfacer a mis clientes.

Ecuación 8: TAKT

$$TAKT = \frac{\text{tiempo disponible (por turno, mes o día)}}{\text{demanda del cliente (por turno mes o día)}}$$

En nuestro caso tenemos un TAKT de 67,5 segundos/pieza. Lo recomendable es trabajar como máximo con tiempos de ciclo iguales o inferiores al valor del TAKT * 0,9 para poder satisfacer la demanda del cliente y no trabajar durante largos periodos de tiempo al 100%. Si el cuello de botella de nuestra línea su tiempo de ciclo es inferior al TAKT, entonces nuestra línea es capaz de satisfacer al cliente. En este estudio el cuello de botella que es el proceso más lento es inserción zócalo con un tiempo de ciclo de 58 segundos/pieza por lo cual es capaz de satisfacer la demanda y no se está consiguiendo, lo cual se va a tratar en el plan de acción una vez realizado el VSM.

La Tabla 11 muestra los KPI's incluidos en el VSM por proceso. En este caso debido a que en cada puesto de trabajo solo trabaja una persona la productividad (piezas/hora) se saca directamente con la inversa del TC (segundos/pieza) multiplicado por 3600 para cambiar de unidades de segundos a horas.

Tabla 11: KPI's por proceso.

KPI'S POR PROCESO VSM						
KPI	SOLDADURA CONEXIÓN PIN + TRENZA	SOLDADURA PIN + TRENZA + RESISTENCIA	SOLDADURA PIN + PAILLON	BOBINADO	INSERCCIÓN ZÓCALO	SOLDADURA COLECTOR
TC (segundos)	12	12	13	27	58	48
FTT	95,0%	95,0%	95,0%	98%	97,5%	98,5%
Tiempo C.O (minutos)	5	5	5	8	7	3
Productividad (piezas/hora)	300	300	277	133	62	75

La

Tabla 12 muestra los KPI's incluidos en el VSM de la línea del XE.

INDUSTRIAL

Tabla 12: KPI's línea de fabricación.

KPI'S LÍNEA VSM	
DTD (horas)	186,37
RVA	0,25%
TAKT (segundos/pieza)	67,5
FTT	80,6%
KITS entregados día anterior	647
Rendimiento del volumen	80,9%

El tiempo de C.O (Change Over) es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza de un lote y la primera pieza buena del lote siguiente. Este tiempo incluye todos los ajustes necesarios hasta que sale la primera pieza buena, en numerosos procesos los ajustes realizados duran más que el propio cambio de útiles, matrices, materiales, ... En este caso en el tiempo de cambio de partida se cambian las piezas necesarias para pasar de producir de un producto a otro, debido a que no hay máquinas en cuestión, los útiles la mayoría son manuales y hay uno por proceso, estandarizado para todos los productos que pasan por este. Por esto cuando mayor número de piezas necesita un proceso para ensamblar el subconjunto mayor tiempo de C.O tiene, este tiempo es medido con cronómetro al trazar el VSM.

Una vez terminado el VSM y con él el plan de acción, se diagrama el VSM estado futuro, véase en la Ilustración 25, que es el objetivo donde se pretende llegar para conseguir entregar la cantidad de piezas que corresponden a nuestra capacidad.

Lo primero que se propone cambiar es los primeros 3 procesos de soldadura debido a que son procesos con TC corto y relativamente parecidos. Se decide unificarlos en una sola célula de fabricación con tres estaciones y un solo operario para este caso. En el caso de que subiera el volumen habría que recalcular y ver si fuera necesario aumentar a dos o tres operarios. De este modo lograríamos reducir almacenes de producto en curso incontrolados, ahorraríamos en desplazamientos y mejoraríamos el flujo.

Al finalizar los tres procesos de soldadura, se colocaría un supermercado Kanban debido a la diferencia entre tamaños de lote entre Soldadura y bobinado. Dentro de la célula se trabaja con un tamaño de lote de 10. Una vez sale el producto de la célula ya se ubica en cubetas de 54 unidades por lo tanto ya trabajamos con el mismo tamaño de lote.

La planificación de la producción se va a destinar al cuello de botella, inserción zócalo, cuanto más cerca esté la planificación al último proceso mejor, de lo contrario, el cliente puede gobernar toda nuestra organización.

Antes del PACEMAKER se ubica un supermercado regido por Kanban y aguas abajo de este, para inserción zócalo utilizaremos un canal FIFO (First In First Out).

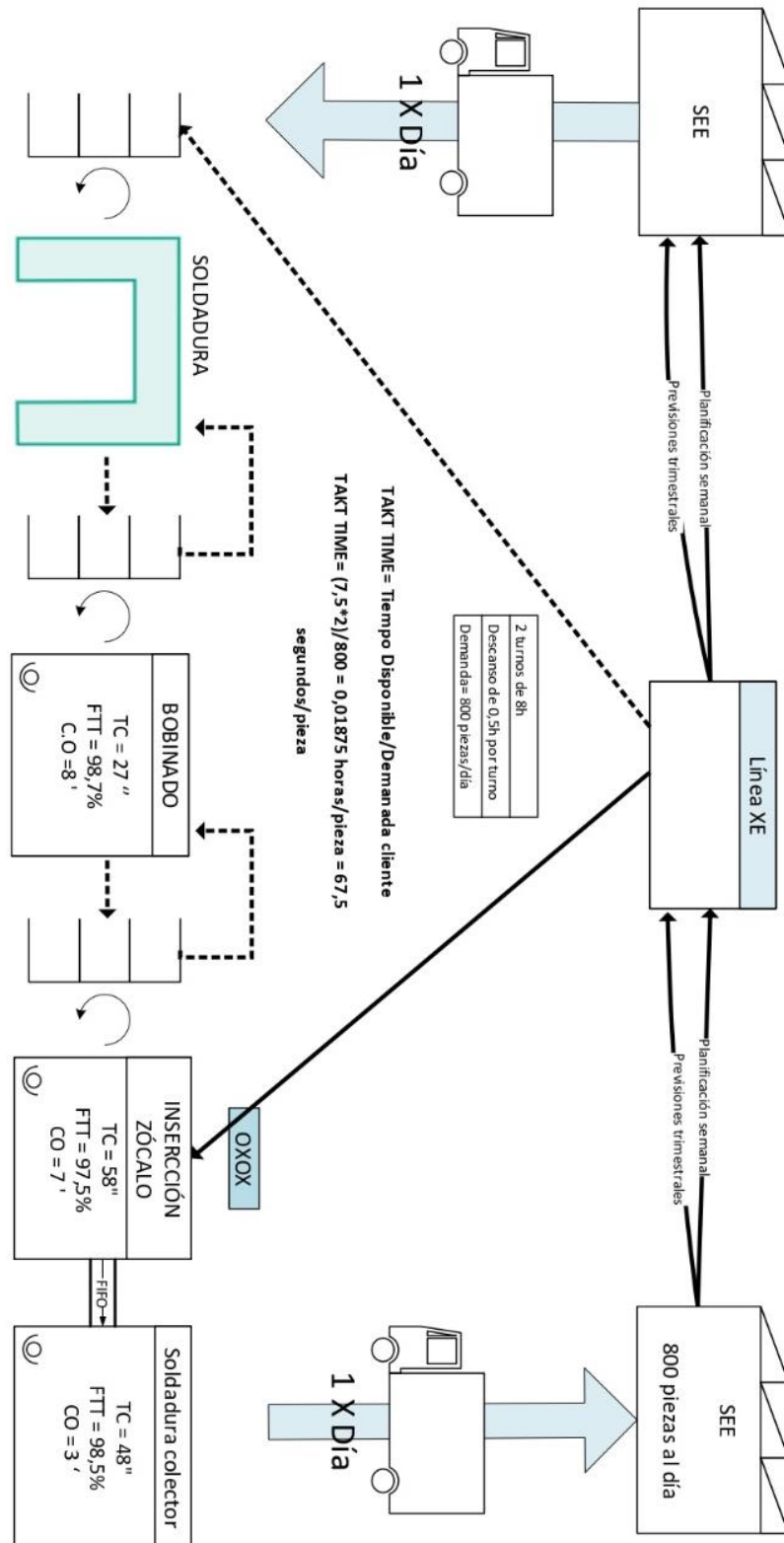


Ilustración 25: VSM Future State Línea XE. Fuente: Elaboración propia

Las propuestas kaizen y el plan de acción fueron las siguientes:

- Formación de 5S al operario de bobinado. Aunque las ubicaciones están delineadas y establecidas y todos los demás operarios de producción las aplican por la formación que recibieron en su momento, al operario de bobinado se le debe realizar la formación de nuevo.
- Dimensionar los lotes y establecer un sistema Kanban.
- Imprimir y facilitar la información necesaria en el proceso de soldadura colector (instrucción de trabajo y los estándares de calidad y seguridad del puesto).
- Establecer un criterio de lotificación. Actualmente Inserción zócalo está realizando 4 cambios de lote diarios para poder entregar el mix de productos necesarios. Por este motivo no tienen capacidad para entregar el volumen diario, no tienen disponibilidad para realizar tantos cambios al día.
- Formar una célula con los tres procesos de soldadura para mejorar el flujo.

En el presente proyecto se llevarán a cabo el dimensionado de lotes y el sistema Kanban, se dotará la información necesaria a cada puesto de trabajo, se establecerá un criterio de lotificación en el cuello de botella y por último se propondrá la formación de una célula de soldadura.

4.6 Conclusiones

En el presente capítulo se ha analizado la causa del principal problema (mediante herramientas de análisis como el Ishikawa y el VSM) que eran las rupturas de los centros logísticos de Schneider Electric causadas por las no entregas totales del subcontratista.

El problema era causado por el incumplimiento parcial de la planificación de uno de sus subcontratistas que a su vez estaba causado por un mal método de planificación interno. El subcontratista realizaba más cambios de lote de los que su capacidad le permite, motivo por el cual bajaba el rendimiento de su producción diaria y no llegaba a los volúmenes demandados por Schneider Electric, los cuales mediante el VSM se pudo ver que sí que era capaz de alcanzar.

A partir del VSM se analiza la situación actual y se proponen una serie de herramientas o técnicas a aplicar con el fin de poder lograr el objetivo de no generar rupturas de cliente y reducir a la mínima expresión los desperdicios existentes.

CAPÍTULO 5: LOTIFICACIÓN Y KANBAN

5.1 Introducción

En el actual capítulo se pretende dar solución al problema de la mala planificación de producción por parte del subcontratista local de la línea ID XE mediante un cambio de sistema a la hora de planificar y la introducción de un Kanban de producción.

En primer lugar, se va a estudiar la carga de trabajo con el fin de compararla con la disponibilidad, para de esta manera poder calcular cuántos cambios de lote se pueden hacer y cuándo deben ser llevados a cabo. Una vez resueltos los cambios de lote, se definirá la secuencia de producción a seguir. Por último, se diseñará el Kanban, tanto el número de tarjetas a utilizar por proceso, el flujo, las tarjetas y las estanterías a utilizar.

5.2 Dimensionado de Lotes del Proceso Inserción Zócalo.

Para poder dimensionar los lotes de producción se calculará la carga de trabajo. La carga de trabajo se calcula en el proceso de inserción zócalo, donde se ha establecido el Pace-Maker en el VSM futuro del capítulo anterior y también por ser el cuello de botella, ya que lo convierte en el proceso más restrictivo de la línea de producción.

Para calcular la carga se tiene en cuenta tanto la demanda del cliente, el tiempo de ciclo del proceso y las ratios FTT del proceso en cuestión y los procesos posteriores (aguas abajo de la línea de producción). La unidad de los cálculos va a ser datos diarios.

Las ratios FTT se deben tener en cuenta debido a que se entregan piezas buenas a cliente, la demanda diaria es demanda de piezas OK y los procesos tienen cierta ratio FTT (piezas buenas a la primera), es decir no todas las piezas que se producen son buenas y las no OK se deben rechazar. No solo se debe obtener el FTT del proceso donde se lotifica, también los posteriores, porque si, por ejemplo, salen 800 piezas buenas del proceso de inserción zócalo, luego pasan por soldadura colector con un FTT del 98,5% con lo cual saldrían $800 \cdot 0.985 = 788$ piezas buenas, menor que las 800 que demanda el cliente. Por lo tanto, no se estaría sirviendo la totalidad de la demanda al cliente.

Por lo cual, no solo vale tener en cuenta el tiempo de ciclo del proceso y la demanda, sino que se debe tener en cuenta el tiempo que se va a malgastar produciendo piezas malas para sacar las 800 piezas buenas en el último proceso de producción debido a los diferentes FTT.

Tabla 13: Datos para calcular la carga de trabajo

DATOS CARGA DE TRABAJO		
Demanda cliente	800	piezas/día
TC inserción zócalo	58	segundos
Tiempo Cambio de Lote	7	minutos
FTT inserción zócalo	97,5%	
FTT Soldadura colector	98,5%	
Tiempo disponible	15	horas/día
Tiempo productivo	13,5	horas/día

Ahora con los datos proporcionados por la Tabla 13 se procede a calcular el tiempo que se va a invertir en producir piezas, tanto buenas como malas, para terminar sacando las 800 piezas al final de la línea y satisfacer la demanda del cliente. La fórmula sería la siguiente:

Ecuación 9: Tiempo para fabricar piezas

$$\text{Tiempo fabricar piezas} = \frac{\text{Demanda} * \text{TC}}{\text{FTT inserción} * \text{FTT soldadura}} = 13,42 \text{ horas/día}$$

En la Ecuación 9 los datos son los siguientes:

- Demanda: 800 piezas/día
- TC: 58/3600 se divide entre 3600 para realizar un cambio de unidades y expresarlo en horas con el fin de interpretar mejor el resultado final de la ecuación.
- FTT inserción: 97.5%
- FTT soldadura: 98,5%

Las ratios FTT se multiplican en la fórmula por lo explicado anteriormente y de este modo se consideran tanto las piezas malas que vas a producir actual proceso como en los posteriores hasta el final de la línea.

Como el resultado de tiempo para fabricar piezas es igual a 13,42 horas/día y asimismo este es menor al tiempo productivo que es igual a 13,5 horas/día, esto confirma que se dispone de capacidad productiva suficiente para poder satisfacer al cliente, del mismo modo que se ha comprobado en el VSM, observando que el tiempo de ciclo del cuello de botella es menor al TAKT.

Ahora con un tiempo de fabricación menor al tiempo productivo se debe ver cuántos cambios de lote y cuando se pueden realizar estos cambios.



INDUSTRIAL

Tabla 14: Cálculo de cambios de lote

DATOS CAMBIO DE LOTE				
Tpo productivo - tpo fabricar piezas	0,08	horas/día	4,76	minutos/día
Tiempo cambio de lote	7	minutos		
Máx cambios de lote	0,68	al día	0,34	al turno
Nº de turnos a la semana	10	a la semana		
Cada cuando cambiará de lote	2,94	Cada 3 turnos cambiarán de lote		
Max cambios de lote a la semana	3,33			

Como muestra la Tabla 14 hay un restante de 4,76 minutos al día que no se utilizan para producir piezas, pero este tiempo no es suficiente para realizar un cambio de lote al día.

Ecuación 10: Número de cambios de lote al día

$$\text{Máx cambios de lote al día} = \frac{\text{Tpo productivo} - \text{Tpo fabricar piezas}}{\text{Tiempo cambio de lote}} = \frac{4,76}{7} = 0,68$$

Como 0,68 cambios es menor que 1, no se puede cambiar de lote cada día, con lo cual se pasa a calcular los cambios de lote que se pueden realizar durante la semana, siendo esta la posterior unidad de medida al día. 0,68 cambios al día es lo mismo que 0,34 cambios de lote al turno puesto que 1 día tiene 2 turnos de producción.

Para saber cada cuantos turnos se puede realizar un cambio de lote se hace la inversa de 0,34 (que lleva unidades de cambio de lote/turno), como resultado se obtiene la posibilidad de hacer un cambio de lote cada 2,94 turnos, es decir cada 3 turnos se va a poder realizar un cambio de lote.

Ecuación 11: Máximo cambios de lote a la semana

$$\text{Max cambios de lote a la semana} = \frac{\text{Turnos por semana}}{\text{Turnos por cambio}} = \frac{10}{3} = 3,33$$

Puesto que hay 4 referencias que pasan por la línea XE y podemos realizar un máximo de 3,33 cambios de lote/semana, se realizarán 3 cambios por semana y con esto se producirán las 4 referencias cada semana.

Una vez establecidos los cambios de lote que se pueden realizar, se calculan los tamaños de lote de cada referencia, con el fin de poder satisfacer la demanda de los días que no se está produciendo tales referencias.

Tabla 15: Demanda línea XE por referencia

DATOS DEMANDA Y MIX DE PRODUCTOS XE		
REFERENCIA	DEMANDA DIARIA	MIX DEMANDA
XE10987	632	79,0%
XE10985	83	10,4%
XE10185	50	6,3%
XE10187	35	4,4%

Ecuación 12: Cálculo del tamaño de lote por referencia. Ejemplo referencia XE10987

$$\text{Tamaño de lote} = \frac{\text{demanda diaria } i * \text{n}^{\circ}\text{referencias}}{\text{n}^{\circ}\text{ cambios de lote al día}} = \frac{632 * 4}{0,68} = 3718 \text{ piezas}$$

Con la Ecuación 12 se calculan los tamaños de lote de las distintas referencias obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16: Tamaño de lote de cada referencia (piezas)

TAMAÑOS DE LOTE PRODUCTOS XE	
REFERENCIA	TAMAÑO LOTE
XE10987	3718
XE10985	488
XE10185	294
XE10187	205

Con los tamaños de lote calculados se calculan los días de demanda que cubro hasta volver a producir dicho producto y el tiempo que cuesta producir cada lote de producto para poder comprobar que no se produce rotura de stock de ningún producto mientras hay otro producto diferente en línea.

Tabla 17: Días de cobertura y tiempo de producción de cada referencia.

DÍAS DE COBERTURA Y PRODUCCIÓN PRODUCTOS XE		
REFERENCIA	DÍAS DE COBERTURA	DÍAS QUE TARDA EN PRODUCIRSE
XE10987	5,74	4,10
XE10985	5,74	0,54
XE10185	5,74	0,32
XE10187	5,74	0,23

Ecuación 13: Días de cobertura. Ejemplo referencia XE10987

$$\text{Días de cobertura referencia} = \frac{\text{tamaño de lote}}{\text{demanda diaria}} = \frac{3718}{632} = 5,74 \text{ días}$$

Ecuación 14: Días que tarda en producirse. Ejemplo referencia XE10987

$$\text{Días que tarda en producirse} = \frac{\text{tamaño de lote}}{\text{producción diaria}} = \frac{3718}{906} = 4,1 \text{ días}$$

Mediante la Ecuación 13 y la Ecuación 14 se obtienen los resultados de la Tabla 17 y para comprobar que una vez terminado de producir una referencia no se rompe el stock hasta volver a producirla de nuevo se suman los días que se tarda en producir toda la secuencia. Obteniéndose un resultado de 5,19 días, cifra menor a los días de cobertura de cada referencia (5,74 días) hasta volver a producirla. Por lo tanto, no se entraría en desabastecimiento.

Esta diferencia se debe debido al redondeo de los resultados siempre hacia el lado más restrictivo, como por ejemplo realizar 3 cambios de lote a la semana (cuando con los cálculos tendríamos permitido realizar 3,33 pero no se pueden realizar 3,33 puesto que no es un número entero) con tal de tener una holgura positiva para poder absorber y solucionar cualquier imprevisto que salga durante el transcurso del día a día.

Tabla 18: Secuencia de lotificación semanal

PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN SEMANAL									
Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes	
Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
XE10987	XE10987	XE10987	XE10987	XE10987	XE10987	XE10987	XE10987	XE10985	XE10185 + XE10187

En la Tabla 18 aparece la planificación de producción semanal, detallada por turnos que junto con los tamaños de lote calculados en la Tabla 16 queda definido el dimensionado de lotes y la producción del proceso de inserción zócalo, cuello de botella y Pace-Maker de la línea de producción. De esta manera se puede observar que la mayor parte de los cambios de lote (3 de 4) se realizan al principio del turno de trabajo, siendo esta la primera operación a llevar a cabo al entrar al turno y quedaría estandarizado. El último cambio de lote de la semana (inicio de producción del XE10187) se produciría al terminar las 294 unidades del XE10185.

5.3 Cálculo de las Tarjetas Kanban en los Procesos Soldadura de Conexiones, Bobinado e Inserción Zócalo.

En este apartado calcularán las tarjetas Kanban para los procesos de Soldadura, Bobinado e Inserción y sus supermercados previos a estos. Las cuatro referencias (XE10987, XE10985, XE10185 y XE10187) comparten procesos, tiempos de ciclo y capacidad de las cubetas que está estandarizada, lo único distinto entre estos son las pequeñas diferencias de sus componentes, pero todos comparten el método y la hoja de ruta.

Es por esto por lo que los datos utilizados para calcular el número de tarjetas Kanban de estos son los mismos. Se mostrarán los cálculos del número de tarjetas para una de las referencias con el fin de no ser repetitivo. Para las referencias restantes serán los mismos resultados. La frecuencia de paso de reposición de material en este caso es cada 2 horas para todos los procesos y referencias. Será el operario de logística el encargado de reponer el material a cada puesto de trabajo.

Tabla 19: Datos y cálculo de tarjetas Kanban taller-almacén

DATOS Y CÁLCULO DEL KANBAN TALLER-ALMACÉN						
Proceso	FTT	Nº piezas cubeta	Tiempo de ciclo (segundos)	Capacidad máxima horaria	Nº Tarjetas Kanban	Nº Tarjetas Kanban
Soldadura conexiones	95,0%	10	37	92	36,8	37
Bobinado	98%	54	27	130	9,6	10
Inserción zócalo	97,5%	54	58	60	4,4	5

Ecuación 15: Cálculo de tarjetas Kanban taller-almacén

$$N = \frac{C_{\max} * 2 * F}{Q_{\text{caja}}} = \frac{92 * 2 * 2}{10} = 36,8 \sim 37 \text{ tarjetas}$$

Los términos de la Ecuación 15 son los siguientes:

- N: número de tarjetas Kanban. Debe ser un número entero y se debe mayorar al entero más próximo. Otra restricción es que al menos deben existir 2 tarjetas por referencia para que siempre haya una en el puesto de trabajo mientras el operario repone la otra.
- C_{max}: Capacidad máxima del puesto de trabajo. Calculada con el FTT porque en el Kanban solo se transportan al siguiente proceso las piezas buenas.
- F: Frecuencia de reposición del operario.
- Q_{caja}: cantidad de unidades que contiene la caja de dicha referencia.
- El número 2 de la fórmula que multiplica a la frecuencia y a la capacidad máxima, sirve para poder cubrir el viaje de ida y de vuelta del operario, para que el puesto de trabajo no se quede desabastecido mientras vuelve el operario con el material.

5.4 Flujo Kanban.

Tanto en el puesto de soldadura de conexiones como el de bobinados y el de inserción zócalo se propone organizar la producción mediante un sistema Kanban. Es decir, si no se libera una tarjeta perteneciente a una cubeta de producto no se produce, para de este modo mantener un sistema de producción pull, principal técnica de Lean Manufacturing para lograr una fabricación Just in Time al igual que marca el Toyota Production System y el SPS.

Debido al tamaño del subcontratista y los recursos que posee no existe viabilidad económica para instalar un tren que realice la milk run cada dos horas, puesto que se trata de una planta pequeña y en sus circunstancias es más eficiente que la ruta del lechero la realice el mismo operario encargado de la logística con frecuencia de paso de dos horas.

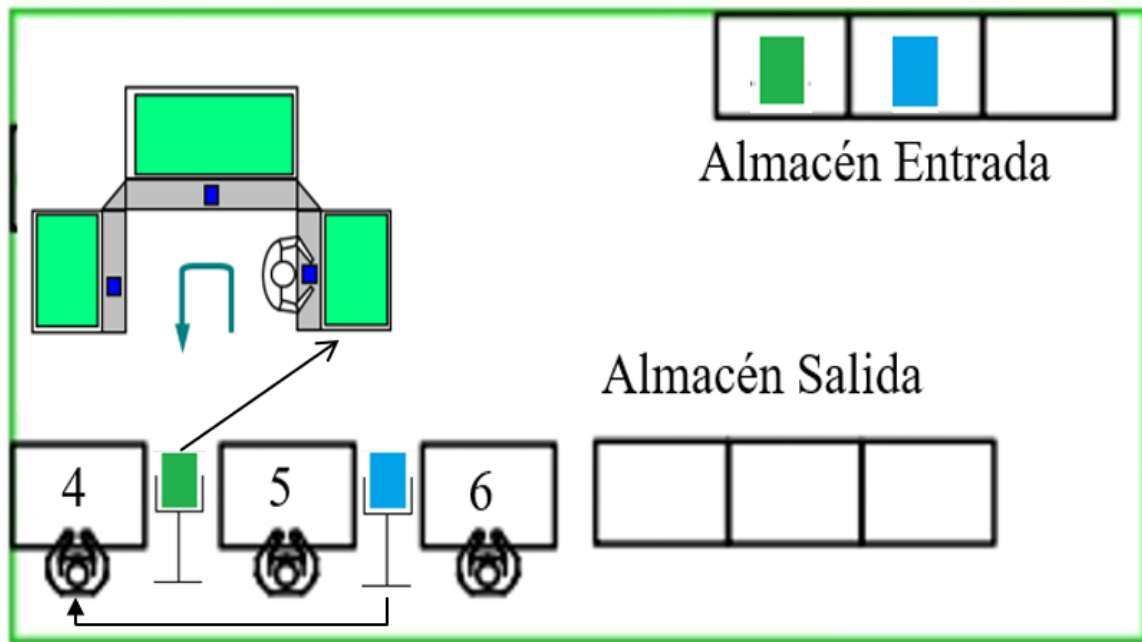


Ilustración 26: Layout Kanban. Fuente: Elaboración propia

En la presente situación, como se observa en la Ilustración 26 los puestos de trabajo de bobinado (puesto 4) y de inserción zócalo (puesto 5) se proporcionarían unos pequeños buzons donde se depositarían las tarjetas Kanban, una por cubeta diferenciadas por colores con el fin de evitar posibles equivocaciones y promoviendo la factoría visual.

En dicho caso la flecha que transporta la tarjeta sería el propio operario de logística quien entrega la tarjeta junto con la cubeta vacía al proceso anterior con el propósito de que empiece la producción.

Los supermercados dibujados en el VSM future state, hacen referencia a unas estanterías dinámicas ubicadas de cara al operario de manera que este mismo sin levantarse puede satisfacerse. El mismo operario que traslada la tarjeta y cubeta vacía al proceso anterior, es el encargado de transportar la cubeta llena junto con su Kanban al proceso posterior una vez terminada su producción.



Ilustración 27: Estantería dinámica. Fuente: Schneider Electric

En la Ilustración 27 se observa una estantería dinámica nombrada anteriormente, esta es la parte posterior de la estantería por donde se dejan las cubetas, al estar inclinadas y poseer roldanas gracias a la gravedad van avanzando hasta llegar a la parte posterior de la estantería, donde se encuentra el operario y las recoge sin necesidad de levantarse.

En la siguiente Ilustración, la Ilustración 28 se observa más detalladamente el flujo del Kanban propuesto. En primera instancia, cuando el proceso de inserción zócalo tiene demanda de su producto se satisface del material necesario para ello procedente del bobinado y libera una tarjeta depositándola en el buzón a su vez también desocupa una cubeta. Esta tarjeta junto con la cubeta es transportada por el operario de logística al proceso anterior (bobinado), convirtiéndolo en una orden de producción. Una vez terminada la producción de la cubeta, el trabajador logístico la deposita junto con la tarjeta en la estantería dinámica del proceso posterior del que procede (lo deposita en inserción zócalo), terminando de este modo el ciclo y dejándola disponible para su utilización en inserción zócalo.

La frecuencia de paso del operador logístico sería cada dos horas puesto que se ha utilizado este dato para poder calcular el número de tarjetas Kanban.

INDUSTRIAL

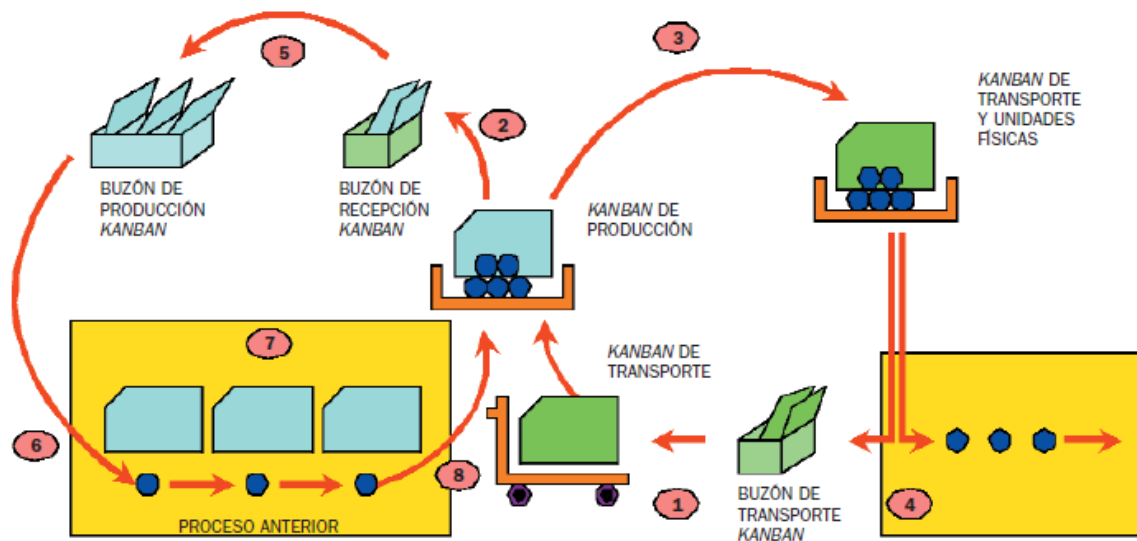


Ilustración 28: Flujo Kanban. Fuente: <https://kationap.wordpress.com/2013/03/19/filosofia-kanban/>

5.5 Tarjetas Kanban.

En este punto se va a presentar el formato de la tarjeta Kanban y como se deberían de utilizar para un correcto funcionamiento del sistema.

La Ilustración 29 es la tarjeta que se utilizará en el Kanban del subcontratista, esta, en concreto pertenece a los productos terminados que saldrían de la célula de fabricación, con todos sus datos correspondientes. Se han tomado como modelo las tarjetas Kanban que se utilizan en Schneider Electric para tratar de estandarizar al máximo el proceso.

Formato de tarjeta Kanban de Schneider Electric:

- Referencia:** QGH17823SAPH
- Descripción:** SOLDADURA CONEXIONES
- Cantidad Tarjetas por Referencia:** 1/37
- Precontada Proveedor:** Q: 10 UD
- Ubicación Picking:** 301040205
- DESTINO:** BOBINADO

Ilustración 29: Tarjeta Kanban. Fuente: Elaboración propia

Se van a clarificar los diferentes campos que componen esta tarjeta:

- **La referencia** de la pieza o piezas que se encuentran dentro de la cubeta.
- El campo de la **descripción** hace referencia a unos pequeños detalles de las piezas que se ubican dentro de la caja, con el fin de poder comprobar rápidamente que están correctamente ubicadas dichas piezas.
- **Precontada** es la cantidad de piezas que hay dentro de la cubeta, anteriormente para el cálculo de las tarjetas este dato se ha nombrado como nº de piezas por cubeta.
- **Cantidad de Tarjetas por Referencia** sirve para realizar un constante control de que no se extravían o se rompen las tarjetas porque de ser así puede colapsar el sistema.
- **Ubicación picking** es donde se encuentra la referencia en el almacén.
- **Destino** es la próxima estación dentro del VSM donde se dirige la cubeta una vez terminada su producción.

Cada vez que se vacíe una cubeta, la tarjeta se tiene que ubicar en el sitio indicado correspondiente (buzón) a cada estación de trabajo.

Cuando se recojan las tarjetas de los puntos correspondientes se irá al proceso anterior lanzado de esta forma una orden de producción para producir toda la cubeta.

5.6 Conclusiones

En el actual capítulo se propone una serie de soluciones para terminar con el problema de las roturas debido a una mala planificación de producción.

Primero, se han dimensionado los lotes de producción en la estación de inserción zócalo, el cuello de botella y en el anterior capítulo durante el trazado de VSM future state se ha establecido como Pace Maker, estando lo más cerca posible de expediciones y así asegurando que el cliente no gobierne la organización.

Por otra parte, en los procesos aguas arriba del Pace Maker se establece un método de producción regido por Kanban. Método con ventajas como JIT, pull, reducción de inventarios y control del WIP (Work in Process) que era uno de los objetivos de trabajo, promover el trabajo en equipo y mejorar la comunicación todos estos beneficios ligados al Lean Manufacturing la base del presente TFG.

CAPÍTULO 6: REESTRUCTURACIÓN PROCESOS DE SOLDADURA

6.1 Introducción

Una vez dimensionado los lotes en el proceso de inserción zócalo, el cuello de botella de la línea de producción que se ha analizado y dado que ya se ha diseñado el Kanban con todos sus elementos necesarios (número de tarjetas, frecuencia de paso, diseño de las tarjetas, flujo del Kanban, ...) se estudian dos propuestas diferentes.

Una opción sería aumentar el tamaño de lote para reducir el número de desplazamientos que realiza el operario y disminuir la distancia entre puestos para reducir la cantidad de metros que recorre el operario.

La otra opción consistiría en diseñar la célula de fabricación propuesta en el mapa futuro con el objetivo de concentrar los tres primeros procesos en una misma célula manteniendo el tamaño de lote actual.

6.2 Situación Actual en los Procesos de Soldadura.

Actualmente la disposición en planta de la línea XE es la que se plasma en la Ilustración 30. Las cajas con personas y números hacen referencia a los diferentes procesos. El proceso uno representa el inicio de la línea con el puesto de Soldadura Conexión Pin-Trenza y el proceso 6 corresponde al último proceso de la línea, el de soldadura colector.

Soldadura Pin-Trenza, en adelante “Proceso 1”, Soldadura Pin-Trenza-Resistencia, “Proceso 2” y Soldadura Pin-Paillon “Proceso 3”.

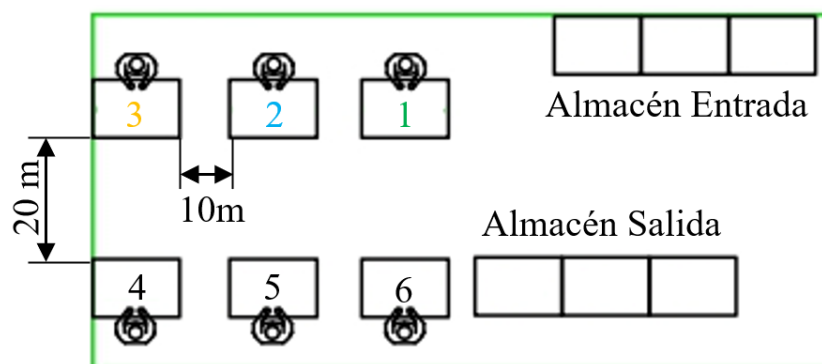


Ilustración 30: Disposición actual de la línea de productos XE. Fuente: Elaboración propia.

Los procesos 1 y 2 están separados entre sí 10 metros, así como los procesos 2 y 3, procesos 4 y 5 y los procesos 5 y 6. Entre el proceso 3 y 4 distan 20 metros al igual que entre el proceso 1 y el Almacén de Entrada.

Para analizar el desperdicio de sobre desplazamiento del operario de soldadura encontrado en el VSM, se agrupan los tres procesos para facilitar su análisis y se agrupan en un solo ciclo para este apartado.

INDUSTRIAL

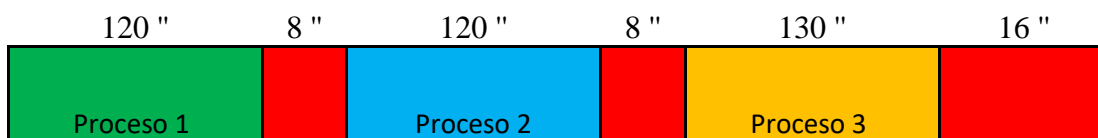
Los procesos 1, 2 y 3 son realizados por el mismo operario ya que los tres son soldaduras y operaciones muy semejantes. El tamaño de lote de los tres puestos de soldadura es de 10 piezas, es decir el operario produce 10 piezas en el proceso 1, coge la cubeta con las 10 piezas y pasa al proceso 2, cuando termina las 10 piezas hace lo propio con el proceso 3 y vuelve a empezar el ciclo en el primer puesto (Soldadura Pin-Trenza).

Tabla 20: Tiempos de procesamiento puestos de soldadura

TIEMPOS DE PROCESAMIENTO			
	TC	Piezas/lote	Tiempo en producir lote
Proceso 1	12 segundos	10	120 segundos
Proceso 2	12 segundos	10	120 segundos
Proceso 3	13 segundos	10	130 segundos

En la Tabla 21, se plasma el tiempo completo de producción de un lote de 10 piezas pasando por los tres procesos de soldadura, contemplando los desplazamientos entre las diferentes estaciones durante un ciclo, basándose en los datos de la Tabla 20. Los desplazamientos están marcados de color rojo por ser un desperdicio, desplazarse 10 metros demora 8 segundos, del mismo modo desplazarse 20 metros demora 16 segundos. Con un total de 402 segundos (6,7 minutos) como tiempo de ciclo agrupado.

Tabla 21: Ciclo completo procesos de soldadura.



Durante un ciclo el operario debe caminar 40 metros, 10 metros desde el proceso 1 al 2, 10 metros del proceso 2 al 3 y por último 20 metros del proceso 3 al 1.

Con un tiempo de trabajo disponible de 7,5 horas al turno (27.000 segundos) se realizan 67 ciclos completos (resultado de dividir 27.000/402), por lo tanto, se camina un total de 2.680 metros (67ciclos*40metros/ciclo) para desplazarse desde un puesto a otro y se producen 670 piezas durante el turno (67 ciclos*10 piezas/ciclo).

El tiempo empleado en desplazarse durante un turno de trabajo de 7,5 horas es de 35,7 minutos ($67 \cdot (8+8+16) / 60$) y puesto que esto no aporta ningún valor al producto debe eliminarse o reducirse en la medida de lo posible, ya que durante este tiempo que se emplea en desplazamientos el operario sería capaz de producir 178 piezas ($35,7 \cdot 60 / 12$).

Para tratar de eliminar o reducir este desperdicio se propondrán dos opciones, la primera opción es aumentar el tamaño de lote y aproximar las estaciones de trabajo y la segunda opción la creación de una célula de trabajo.

Finalmente, comparando los resultados de ambas opciones se escogerá la más adecuada como propuesta final.

6.3 Primera Propuesta: Aumentar el Tamaño de Lote y Aproximar los Puestos de Trabajo.

Para la primera propuesta, se va a aumentar el tamaño de lote al doble, es decir, el tamaño de lote que se utilizará en este apartado será el doble que en la situación actual, 20 piezas por lote.

Además, se propone reducir la distancia entre las estaciones de trabajo de los 10 metros anteriores a 5 metros de distancia entre ellas y uniendo las estaciones entre sí mediante una cinta transportadora. De este modo se consigue reducir la distancia de desplazamiento entre una operación y otra, además de que el operario no carga con las piezas para transportarlas de un proceso a otro, estas piezas serán transportadas por la cinta transportadora. Véase Ilustración 31.

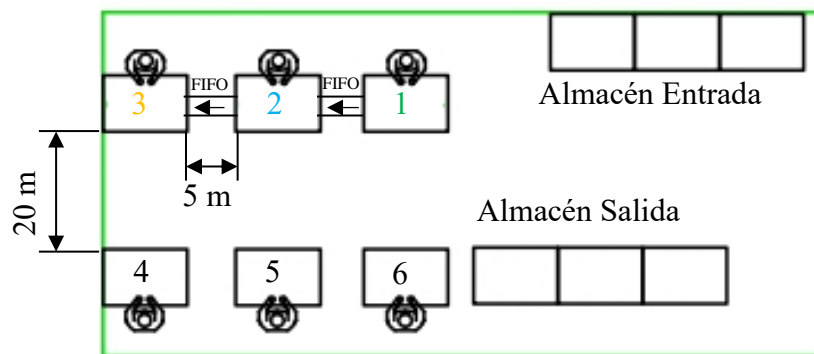


Ilustración 31: Proposición 1 disposición línea XE. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 22 se muestra la secuenciación actual de las operaciones con tamaño de lote 20 piezas (colores verde, azul y amarillo) y desplazándose una distancia entre puestos de 5 metros (color rojo). Con un total de 756 segundos (12,6 minutos) como tiempo de ciclo agrupado.

Tabla 22: Ciclo completo procesos de soldadura proposición 1.



Durante este ciclo de trabajo el operario camina 20 metros. 5 metros desde el proceso 1 al 2, 5 metros del proceso 2 al 3 y por último 10 metros del proceso 3 al 1.

INDUSTRIAL

Con 7,5 horas disponibles durante un turno de trabajo (27.000 segundos) se llevan a cabo 35 ciclos completos (resultado de dividir 27.000/756) en este caso el operario camina un total de 700 metros (35 ciclos*20metros/ciclo) para desplazarse desde un puesto a otro y se producen 700 piezas durante el turno (35 ciclos*20 piezas/ciclo).

De este modo el tiempo que se emplea para desplazarse durante un turno de trabajo de 7,5 horas es de 10 minutos (35*(4+4+8) /60) el operario sería capaz de producir 50 piezas (10*60/12). Resultado que mejora notablemente la situación actual. Se compara en la Tabla 23.

Tabla 23: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con la primera propuesta.

COMPARATIVA FRENTE LA SITUACIÓN ACTUAL			
	Piezas Fabricadas	Metros desplazados	Tiempo en desplazamientos
Situación Actual	670	2.680	35,7 minutos
Primera propuesta	700	700	10 minutos

6.4 Segunda Propuesta: Creación de una Célula de Fabricación.

Debido a que son tres procesos similares en cuanto a su fabricación porque los tres procesos son soldaduras (el primero soldadura conexión pin trenza, seguido de la soldadura pin trenza resistencia y por último soldadura pin paillon) sumado a que son procesos con Tiempos de ciclos muy estables e igualados (los dos primeros procesos con tiempos de ciclo de 12 segundos y el último de 13 segundos) esto facilita su unificación en una misma célula.

En el presente punto se propone la creación de una célula de fabricación manteniendo el tamaño de lote actual de 10 piezas. De este modo se logra reducir al máximo lo distancia entre puestos de trabajo como objetivo de reducir los metros desplazados, calificados anteriormente como un desperdicio ya que no aporta valor al producto. Obsérvese la disposición propuesta en la Ilustración 32.

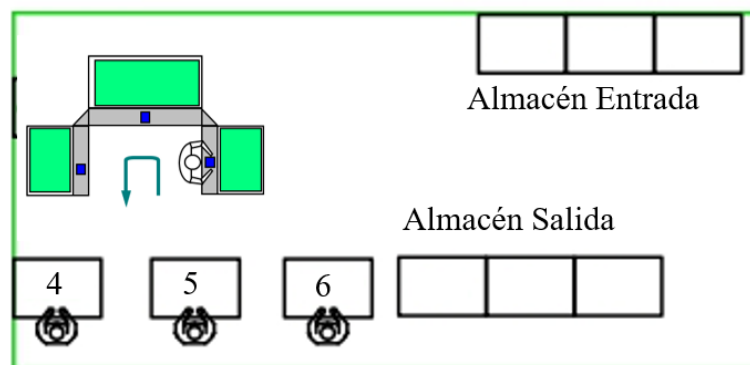


Ilustración 32: Proposición 2 disposición línea XE. Fuente: Elaboración propia.

INDUSTRIAL

Con unas dimensiones de las mesas de fabricación de 3,5 (Ilustración 38 e Ilustración 39) metros de anchura cada una, se calculan las distancias de un puesto de la célula a otro de la siguiente manera. Los desplazamientos se producen desde el punto medio de cada mesa y por el Teorema de Pitágoras se sacan las diferentes distancias de desplazamiento del operario.

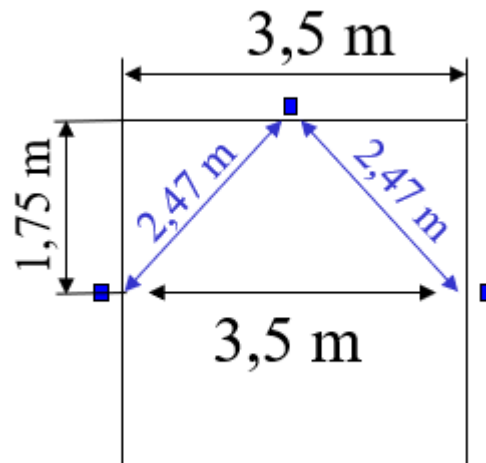


Ilustración 33: Distancias entre las estaciones de trabajo de la célula de fabricación.

Durante un ciclo dentro de la célula de fabricación el operario recorrerá 8,44 metros en tres desplazamientos desde el puesto 1 al puesto 2 recorre 2,47 metros, del puesto 2 al puesto 3 recorre 2,47 metros y desde el puesto 3 al puesto 1 recorre 3,5 metros.

Los datos de tiempos de procesamiento son los que aparecen en la Tabla 20 por mantener el tamaño de lote actual de 10 piezas. Respecto los tiempos de desplazamiento, para desplazarse 2,47 metros ~ 2,5 metros se demoran 2 segundos, del mismo modo, desplazarse 3,5 metros demora 2,8 segundos ~ 3 segundos. En total durante un ciclo completo de la célula de fabricación se recorren 8,5 metros en 7 segundos.

Tabla 24: Ciclo completo célula de fabricación (propuesta 2)



Un ciclo completo de la célula de fabricación dura 377 segundos. Con 7,5 horas disponibles durante un turno de trabajo (27.000 segundos) se llevan a cabo 71 ciclos completos (resultado de dividir 27.000/377) en este caso el operario camina un total de 603,5 metros (71 ciclos*8,5metros/ciclo) para desplazarse desde un puesto a otro y se producen 710 piezas durante el turno (71 ciclos*10 piezas/ciclo).

De este modo el tiempo que se emplea para desplazarse durante un turno de trabajo de 7,5 horas es de 8,3 minutos (70*(2+2+4) /60) el operario sería capaz de producir 41 piezas (8,3*60/12). Se compara en la Tabla 23.

Tabla 25: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con las dos propuestas.

COMPARATIVA FRENTE LA SITUACIÓN ACTUAL			
	Piezas Fabricadas	Metros desplazados	Tiempo en desplazamientos
Situación Actual	670	2.680	35,7 minutos
Primera propuesta	700	700	10 minutos
Segunda propuesta	710	603,5	8,3 minutos

Con la creación de la célula de fabricación se mejoraría notablemente la situación actual reduciendo el tiempo (durante un turno de trabajo) que emplea en desplazarse el operario y por tanto no añadiendo valor al producto. En este caso el operario caminaría 27,4 minutos menos, utilizando este tiempo en fabricar 137 piezas más durante un turno de trabajo.

En cambio, la segunda propuesta frente la primera no es tan notable, pero de todos modos estaría empleando menos tiempo en desplazarse, produciría más piezas y no sería necesario cambiar el tamaño de lote. Proceso que conllevaría cambiar las cubetas, modificar las estanterías, todos los estándares de trabajo e implantarlo en SAP.

En la Ilustración 34 se pueden observar cuales serían las posibles combinaciones de la célula de fabricación propuesta. Actualmente nos encontraríamos con el primer escenario con un operario que iría rotando de puestos siguiendo la flecha que marca el flujo. Con un aumento de la demanda sería posible tanto aumentar a dos operarios como a tres si fuese necesario. Con tres operarios cada uno realizaría una operación y rotarían de posición cada dos horas, coincidiendo con los descansos (tres descansos por turno), de manera que un mismo operario realizaría las tres operaciones en su jornada de trabajo ganando polivalencia y significado de su trabajo.

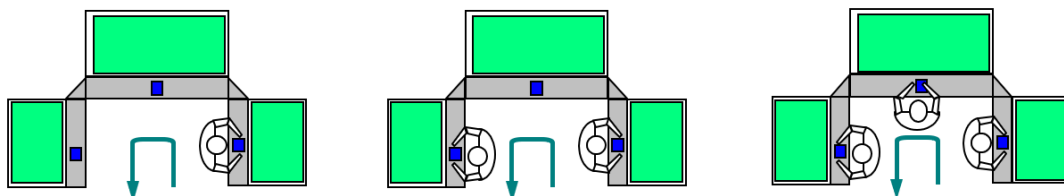


Ilustración 34: Posibles escenarios célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

En el momento que hubiera un aumento de la demanda, sería necesario recalcular el TAKT TIME y en función de este resultado se añadirían más operarios a la célula en el caso de que fuera necesario para poder satisfacer la demanda del cliente. Primero se deberían hacer modificaciones en inserción zócalo si su Tiempo de ciclo superara el TAKT TIME por ser el cuello de botella y tener un TC mayor que la célula.

INDUSTRIAL

6.4.1 Estándares de Trabajo.

Con el fin de respetar los estándares de producción (Ilustración 36 e Ilustración 35) y calidad necesarios para fabricar los diferentes productos de la célula, estarían instaladas ciertas pautas de estándares y las piezas necesarias para fabricar cada producto en un panel ubicado delante de cada puesto de trabajo como lo tienen actualmente, véase en la Ilustración 37.

De este modo se facilita al operario información relevante para fabricar cada componente y de esta manera se reducen desperdicios como pueden ser productos defectuosos por no seguir las pautas de fabricación/calidad y también evitar mezclar productos de diferentes

En los estándares de trabajo (Ilustración 35 e Ilustración 36) se detallan las operaciones que se deben realizar dentro de la célula de fabricación, los tiempos asignados a cada operación, así como el flujo a seguir por las diferentes estaciones de trabajo. En concreto, la Ilustración 35 se realiza a pie de planta junto con los operarios de dichos puestos de trabajo para tratar de explicarles todos los detalles necesarios

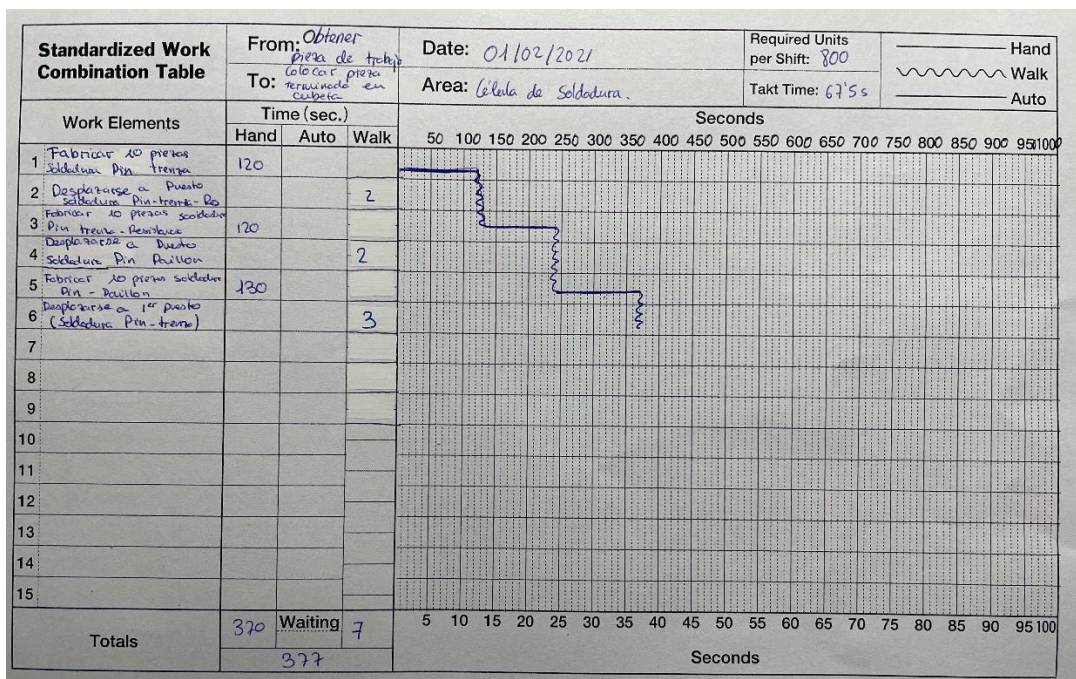


Ilustración 35: Diagrama estándar de trabajo Célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia

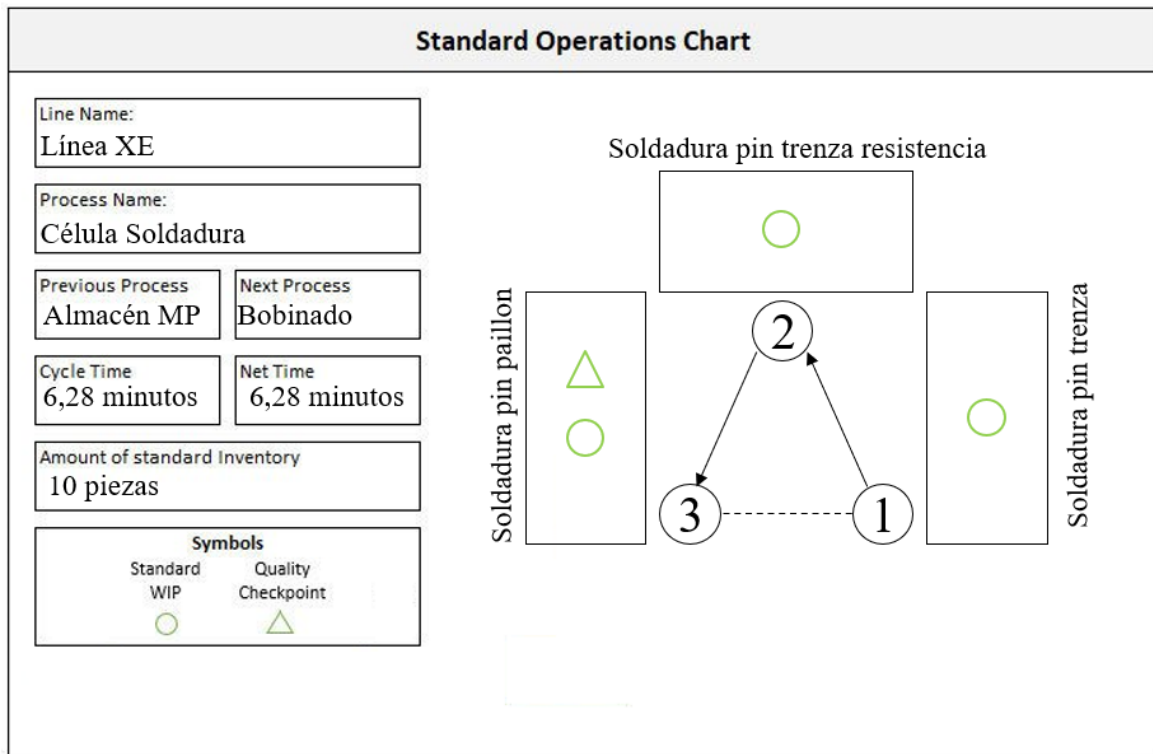


Ilustración 36: Estándar de trabajo Célula de fabricación. Fuente: Elaboración propia

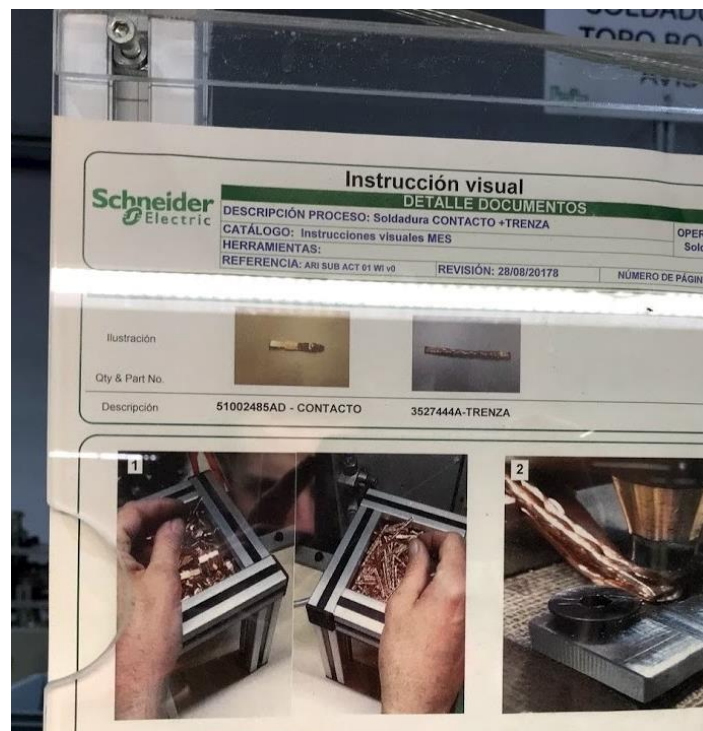


Ilustración 37: Soldadura conexión pin-trenza. Fuente: Schneider Electric

En el estándar de la Ilustración 37 se detalla el proceso, las herramientas necesarias para la fabricación, las referencias a utilizar, una serie de imágenes para clarificar el método de trabajo y si fuese necesario se añadirían los EPIS que debe utilizar el operario.

6.4.2 Puestos de Trabajo y Materiales de la Célula de Fabricación.

Para la construcción de la célula se propone la reutilización de las mesas utilizadas actualmente (Ilustración 38 e Ilustración 39) ya que se encuentran en buen estado y se trata de mesas ergonómicas que cumplen lo siguiente:

- Proporcionan al operario todas las piezas necesarias para la fabricación lo más cerca posible del punto de uso del trabajador.
- Los materiales se encuentran en la zona ergonómica de trabajo.
- Los estantes y huecos están diseñados para poseer la cantidad correcta con buena calidad.
- Las mesas poseen estanterías dinámicas (Ilustración 27) con capacidad de 2 cubetas como exige el SPS para prevenir el desabastecimiento de material.

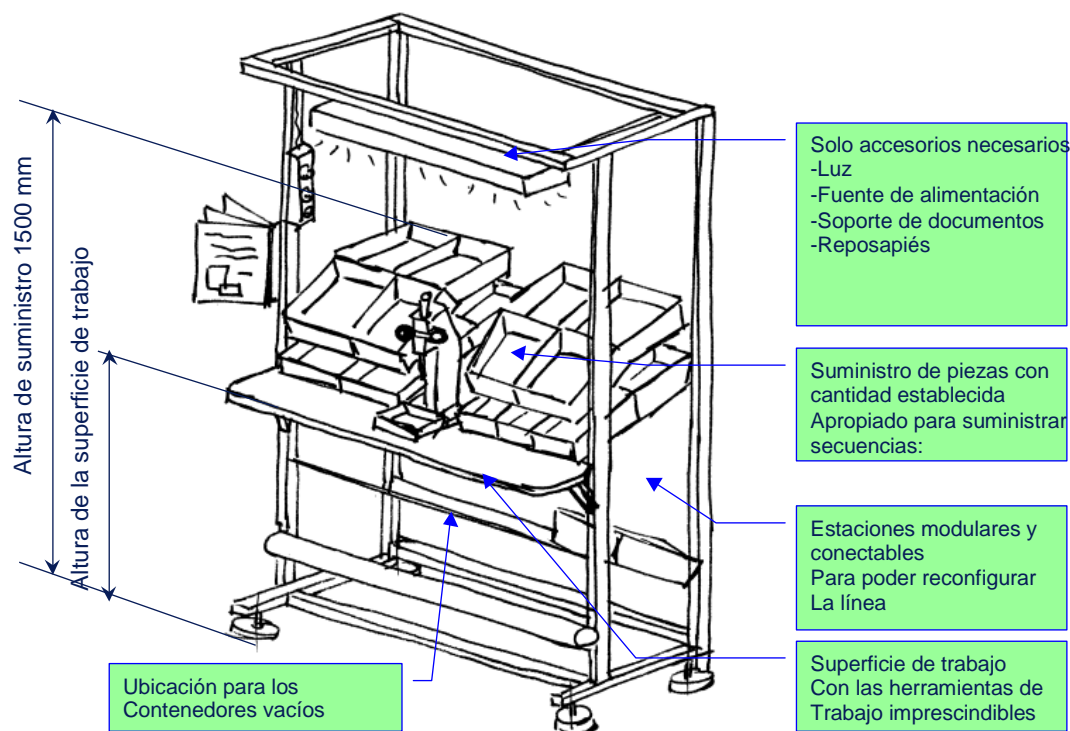


Ilustración 38: Mesas de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

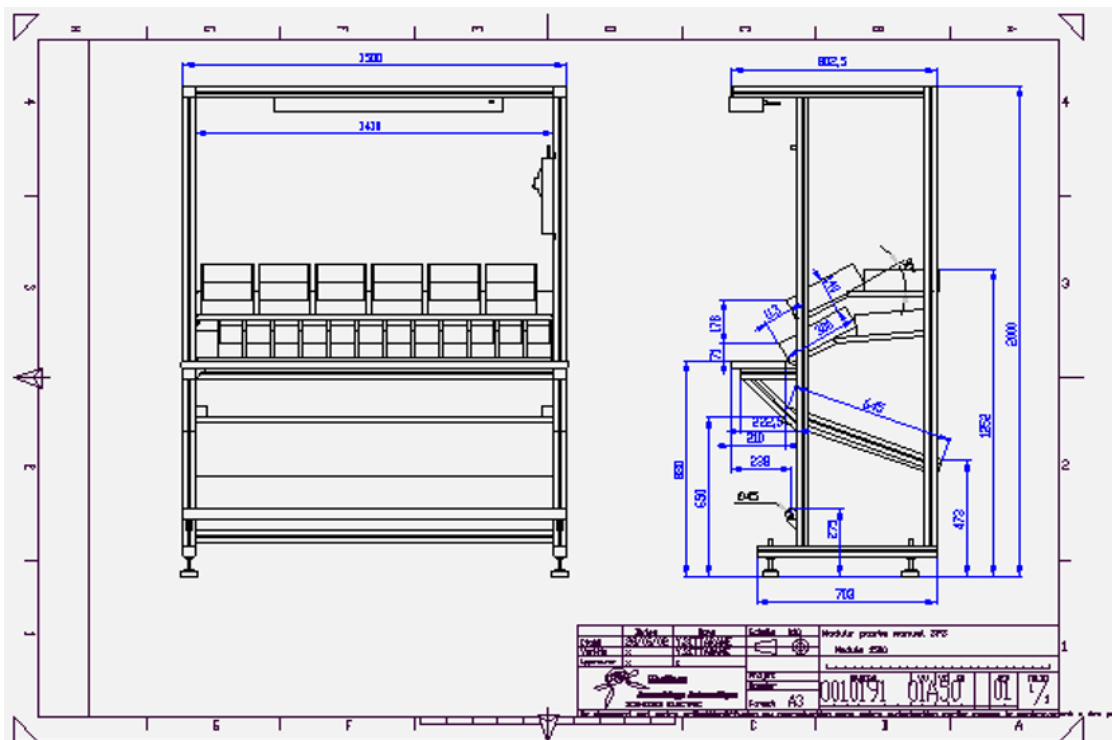


Ilustración 39: Plano mesas de fabricación. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26 se muestran las referencias que utiliza cada mesa de la célula con las cantidades que contiene cada cubeta y la capacidad/consumo horario de piezas que tiene cada puesto, calculada con su tiempo de ciclo aislado para diseñarlo con el escenario más restrictivo.

Tabla 26: Capacidad y consumo de materiales de la Célula de Fabricación.

CAPACIDAD Y CONSUMO DE MATERIALES DENTRO DE LA CÉLULA				
PUESTO	REFERENCIA	CANTIDAD CUBETA	CAPACIDAD (ud/h)	TIEMPO DE CICLO (s/pieza)
CONEXIÓN PIN + TRENZA	51002485AD	350	300	12
	3527444A	500	300	12
CONEXIÓN PIN + PAILLON	QGH17822	500	300	12
	51002485AD	350	300	12
CONEXIÓN + TRENZA + RESISTENCIA	3527444A	500	277	13
	51002404AA	1000	277	13

Con estos escenarios y al poseer dos cubetas de cada referencia tiene suficiente abastecimiento para cubrir la fabricación de dos horas en un mismo puesto que es la frecuencia con la que el operario de logística reabastece de materiales a los diferentes puestos.

6.4.3 Resultados.

Los resultados de unir los tres procesos en una misma célula son los siguientes:

- Disminuir el stock tanto de materia prima como de producto en curso, lo que repercutiría en una reducción de coste asociado a materiales. Al concentrar las tres operaciones en una célula y puesto que el espacio es reducido imposibilita la producción de grandes lotes de producto en curso a la vez que se reduce el inventario de materia prima por tener materiales compartidos entre los procesos de soldadura.
- Favorecer el flujo de materiales y productos reduciendo al máximo los desplazamientos innecesarios comentados anteriormente como un desperdicio ya que al estar concentrado en una célula tipo U los puestos de fabricación están más cercanos.
- Al concentrar los tres procesos de soldadura en una misma célula de trabajo se estaría liberando parte del espacio utilizado por estos anteriormente.
- Por último y muy ligado a los anteriores puntos conseguiríamos retrasar la diferenciación de los productos (reduciendo el volumen de piezas iguales que comparten diferentes procesos) y estandarizando al máximo los componentes y útiles utilizados para la fabricación.

6.5 Conclusión.

En dicho capítulo se proponen dos soluciones diferentes. Por un lado, aumentar el tamaño de lote y aproximar los puestos de trabajo y por otro la unificación de los tres primeros procesos de la línea de fabricación en una misma célula en forma de U. Se comparan ambas alternativas y finalmente se optaría por la formación de la célula.

Al diseñar la célula se plasman los resultados que se obtendrían, los recursos necesarios para la puesta en marcha, como reconducir la situación en caso de aumento de la demanda, los estándares de trabajo de la célula y el flujo dentro de la misma.

Con la formación de la célula de fabricación se finalizarían las principales propuestas establecidas tras trazar el VSM inicial. Con el criterio de lotificación se solucionó el problema de insatisfacción de la demanda del cliente, pero con la puesta en marcha de la célula se fabricaría de manera más eficiente y se reducirían desperdicios.

Además, al implantar la célula se ganaría polivalencia, satisfacción del empleado, se mejoraría la comunicación, promueve la aplicación de técnicas como las 5S, se reducirían los inventarios de producto en curso y se favorecería el flujo, todas estas consecuencias estrechamente ligadas al Lean Manufacturing y el Schneider Production System.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIÓN

Con lo anteriormente expuesto, se concluye en cómo se han cumplido los objetivos planteados en el punto 1.1 Objeto del proyecto.

El principal objetivo que se planteó en la empresa fue mejorar el nivel del servicio al cliente, mejorando su línea de producción con el fin de reducir el lead time de sus productos y ser más eficiente, para de esta manera poder afrontar una subida inesperada de la demanda de una familia de sus productos.

Para ello, ha sido primordial empezar con un profundo análisis del problema de estudio, con el objetivo de encontrar la causa raíz de este. Este análisis se realiza por un equipo multidisciplinar diseñado por el team leader. Durante el análisis se utilizan diversas herramientas. Primeramente, se realiza un diagrama Ishikawa seguido de una ramificación de las causas por las que no se han entregado el total de la producción. Fruto de esta ramificación Los aspectos más relevantes como la falta capacidad, esta se analiza más profundamente con un VSM y un necesario control del WIP que se llevará a cabo al implementar el Kanban.

Tras el análisis del problema con herramientas Lean y SPS, se conoce la importancia de esforzarse en una buena planificación en el cuello de botella de la línea. Debido a una mala planificación y unos excesivos cambios de lote desembocaban en una falta de capacidad por realizar más cambios de lote de los debidos que con una buena lotificación se consigue solucionar esta falta.

Durante el análisis se identifican una serie de posibles mejoras plasmadas en el desenlace del capítulo y que posteriormente se implantan las más imprescindibles para mejorar la eficiencia y satisfacer las necesidades del cliente.

Tanto el dimensionado de lotes y el cálculo del Kanban como la propuesta de crear una célula de fabricación se muestran como verdaderos ejemplos de la utilización de herramientas Lean Manufacturing aplicadas para resolver un problema de un suceso real. Igualmente, ha sido necesario un anterior dominio de la teoría de dichas técnicas gracias a las asignaturas cursadas durante el grado y con la ayuda de libros y referencias que se citan posteriormente en la bibliografía. Conceptos necesarios para entender el proyecto y que se han introducido en el capítulo Marco Teórico.

Tan pronto como se van desarrollando y concluyendo los diferentes puntos del trabajo se demuestra que se trata de un desarrollo viable, ya que del mismo modo que progresa el proyecto se recogen los diferentes datos que se plasman dentro del mismo. Resultados estrictamente necesarios para estudiar los escenarios y proponer la posible solución al problema.

Tabla 27: Comparación entre el estado inicial y final de la línea de producción.

KPI'S LÍNEA VSM	SITUACIÓN ANTERIOR	SITUACIÓN ACTUAL
DTD (horas)	186,37	22,12
TAKT (segundos/pieza)	67,5	67,5
KITS entregados día anterior	647	800
Rendimiento del volumen	80,9%	100%

Un buen ejemplo es en el caso del incumplimiento de la planificación del subcontratista, en el momento que se establece un buen criterio de lotificación y se esclarecen tanto las cantidades de cada lote de fabricación, como cuando se deben producir estos cambios de lote, el subcontratista es capaz de cumplir toda la planificación con los mismos recursos utilizados anteriormente.

También se observa la viabilidad al analizar los procesos de soldadura y proponer la creación de una célula de fabricación como mejor opción. Se comparan dos posibles soluciones, una es acercar las estaciones de trabajo unidas por una cinta transportadora y por otro lado se proponía la unificación de los tres procesos en una misma célula.

Tabla 28: Comparación (en un turno de trabajo) de la situación actual con las dos propuestas.

COMPARATIVA FRENTE LA SITUACIÓN ACTUAL			
	Piezas Fabricadas	Metros desplazados	Tiempo en desplazamientos
Situación Actual	670	2.680	35,7 minutos
Primera propuesta	700	700	10 minutos
Segunda propuesta	710	603,5	8,3 minutos

Analizando ambos resultados se opta por la célula de fabricación, ya que de este modo se podría reducir a la mínima expresión un desperdicio como está siendo el desplazamiento innecesario del operario de una estación a otra. Con esta propuesta se detalla el futuro layout, el flujo de materiales dentro de la misma célula, el flujo del o los operarios con un estándar de trabajo y por último las mesas a utilizar dentro de la misma.

Como resultado de estar realizando un análisis profundo y la aplicación de diferentes herramientas, se consiguen pequeñas mejoras en diferentes aspectos que consiguen motivar y fomentar el interés del alumno por el proyecto en todo momento durante el curso de la beca y la realización del proyecto. Del mismo modo ha sido posible aplicar lo aprendido durante el grado en una situación e industria real.

Cabe destacar que el presente proyecto se fundamenta en entorno del Lean Manufacturing por la estrecha relación entre el Schneider Production System con el Lean, así como diversas asignaturas cursadas durante el transcurso del propio Grado de Ingeniería de Organización Industrial como pueden ser Fundamentos de Organización de Empresas (cursada en segundo curso) y Equipos de Mejora Continua (cursada durante el último curso). Todo ello relacionado con el análisis de problemas y la implementación de ciertas herramientas con el fin de rebatirlos y conseguir ser lo más eficiente posible.

Por último, el actual Trabajo Final de Grado ha ayudado para finalizar los estudios del alumno del Grado de Ingeniería de Organización Industrial de manera formativa y enriquecedora. El proyecto se ha llevado a cabo a raíz de cursar una beca de prácticas en Schneider Electric Meliana. Concretamente desde el departamento de subcontratación, donde se ha trabajado a pie de planta junto con los operarios, tanto durante el proceso de toma de datos como a la hora de proponer nuevas mejoras. De este modo con la ayuda de los operarios te permitía tener una visión mucho más amplia del campo de mejoras de cada proceso.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía física:

- Liker, J. (2003). The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer (English Edition) (1.a ed.). McGraw-Hill Education.
- Productivity Press Development Team. (2002). Standard Work for the Shopfloor (1.a ed.). Productivity Press.
- Japan Management Association, (1998). Kanban y Just in Time en Toyota. La dirección empieza en las estaciones de trabajo. Japan Management Association.
- Hernández Matías, Juan Carlos y Vizán Idolpe, Antonio., (2013) Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación. Escuela de Organización Industrial.
- Ohno, Taiichi. (1991). El sistema de producción de Toyota. Más allá de la producción a gran escala. Productivity Press.
- Rother, Mike y Shook, John. (1998). Learning to See. Value-stream mapping to create value and eliminate muda. Lean Enterprise Institute.
- Baudin, M. (2007). Working with machines. The nuts and bolts of lean operations with jidoka” (Illustrated ed.). Productivity Press.

Bibliografía virtual:

- García-Sabater, J.P., Como estructurar y escribir un Proyecto Fin de Carrera o Trabajo Fin de Grado. < http://jpgarcia.webs.upv.es/?page_id=34 > [Consulta: 7 de septiembre de 2020].
- Schneider Electric. Perfil de la compañía. <<https://www.se.com/ww/en/about-us/company-profile/>> [Consulta: 10 de octubre de 2020].
- (13/05/2011) Acti 9 de Schneider Electric. < <https://www.construible.es/2011/05/13/acti-9-de-schneider-electric> > [Consulta: 10 de octubre de 2020].
- García Sabater, JJ., (2019). Value Stream Mapping. <https://poliformat.upv.es/access/content/group/GRA_11505_2019/20191007%20VSM.pdf> [Consulta: 20 de octubre de 2020].
- Marín García, JA.; García Sabater, JJ. (2012). Indicadores de producción. <<http://hdl.handle.net/10251/16050>> [Consulta: 20 de octubre de 2020].

- Progesa Lean (22/05/2015). Origen y evolución del Lean Manufacturing. <<https://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>> [Consulta: 2 de diciembre de 2020].
- García Sabater, JJ.; Valero Herrero, M.; Marín García, JA. (2011). Identificación de Derroches. <<http://hdl.handle.net/10251/12944>> [Consulta: 2 de diciembre de 2020]
- Marín García, JA.; García Sabater, JJ.; Vidal Carreras, PI. (2011). Diagrama de Espina De Pescado. <<http://hdl.handle.net/10251/13432>> [Consulta: 9 de diciembre de 2020]
- Lean Manufacturing 10. KANBAN: Qué es, cómo diseñarlo y cómo implementarlo. <<https://leanmanufacturing10.com/kanban>> [Consulta: 12 de diciembre de 2020].
- García Sabater, JP. (2015). Fabricación Celular - Células de Montaje. <<http://hdl.handle.net/10251/53222>> [Consulta: 20 de diciembre de 2020]