

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Mejora continua (*Hoshin*) en una línea de producción de *Hot Ends* de tubos de escape



Grado en Ingeniería
en Tecnologías Industriales

Trabajo Fin de Grado

Irati Iturri Zabalza

Francisco Javier Rípodas Agudo

Pamplona, junio de 2015

Abstract

The aim of this project is to carry out a theoretical-practical analysis of Lean Manufacturing in a production line of the Hot End of an exhaust system. This exercise is called Hoshin.

A Hoshin is a continuous improvement process in which all the people involved in the production line take part: operators, line engineers, security department, quality department, excellence system of the company or continuous improvement department et cetera.

The Hoshin exercise consists of four parts:

- Direct observation of the initial method that the operators are using to work in the production line and detection of failures and different types of variability.
- Removal of the wastes by implementing improvements.
- Establishment of a new standardized work method.
- Tracking of the new method after implementing the different improvements.

What is intended to achieve with this exercise is a reduction of variability, an improvement of security, quality, flows and ergonomics and a reorganization of the line to make it more adaptable to customer's demand, improving this way the line's productivity.

Key words: *Continuous improvement, Hoshin, Lean Manufacturing, Elimination of wastes.*

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. Objetivos y metodología | 5 |
| 2. Introducción a la empresa | 6 |
| 2.1. Prácticas curriculares | 6 |
| 2.2. El grupo Faurecia..... | 6 |
| 2.2.1. Historia..... | 9 |
| 2.2.2. Faurecia en Orkoien..... | 9 |
| 2.2.2.1. Organización productiva de la planta | 10 |
| 2.2.2.2. FES: Faurecia Excellence System | 11 |
| 3. Sistema de escape | 14 |
| 3.1. Hot End (parte caliente) | 15 |
| 3.1.1. Colector | 15 |
| 3.1.2. Subconjunto flexible..... | 16 |
| 3.1.3. Catalizador | 16 |
| 3.1.4. Filtro de partículas (DPF)..... | 18 |
| 3.2. Cold End (parte fría) | 18 |
| 3.2.1. Tubos intermedios | 19 |
| 3.2.2. Marmitas (muffler-s)..... | 20 |
| 3.2.3. Elementos de sujeción | 21 |
| 3.2.4. Tubo de salida | 22 |
| 4. Conceptos de Lean Manufacturing y mejora continua | 23 |
| 4.1. Orígenes y antecedentes del Lean Manufacturing | 23 |
| 4.2. Principios del Lean Manufacturing..... | 25 |
| 4.3. Estructura del sistema Lean | 26 |
| 4.4. Técnicas Lean | 27 |
| 4.4.1. Pull System para una producción JIT..... | 27 |
| 4.4.1.1. Takt Time (TT)..... | 28 |
| 4.4.2. Mejora continua: Kaizen | 29 |
| 4.4.2.1. Metodología PDCA | 30 |
| 4.4.3. Eliminación de desperdicios..... | 31 |
| 4.4.3.1. DLE..... | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.3.2. 7 tipos de pérdidas | 32 |
| 4.4.4. 7 básicos de calidad | 36 |
| 4.4.5. Estandarización del trabajo..... | 39 |
| 4.4.6. Flexibilidad y polivalencia de los operarios..... | 42 |
| 4.4.7. Disposición del lay out (tipos de líneas)..... | 43 |
| 4.4.8. SMED | 44 |
| 4.4.9. 5S..... | 45 |
| 4.4.10. Otras técnicas..... | 45 |
| 5. Hoshin como herramienta..... | 47 |
| 5.1. Pilares del Hoshin | 48 |
| 5.2. Estructura del Hoshin | 48 |
| 5.3. Herramientas empleadas | 50 |
| 5.3.1. Observaciones de la actividad en el taller..... | 50 |
| 5.3.2. Hojas de medida de tiempos..... | 50 |
| 5.3.3. Tabla de Combinación de Tareas | 53 |
| 5.3.4. Esquema de Tareas Estándar | 54 |
| 5.3.5. Hoja para metodología PDCA..... | 55 |
| 5.3.6. Distribución del lay out | 56 |
| 6. Aplicación práctica del ejercicio: estudio del producto en la línea de producción..... | 57 |
| 6.1. Descripción del producto | 58 |
| 6.1.1. Componentes | 58 |
| 6.1.2. Proceso productivo | 62 |
| 6.2. Realización del Hoshin..... | 68 |
| 6.2.1. Necesidad del Hoshin en la línea | 68 |
| 6.2.2. Pasos previos..... | 68 |
| 6.2.3. Convocatoria | 69 |
| 6.2.4. Actividad en la sala..... | 69 |
| 6.2.4.1. Cálculo del DLE de la línea | 69 |
| 6.2.4.2. Cálculo del Takt Time de la línea | 70 |
| 6.2.5. Actividad en el taller | 71 |
| 6.2.5.1. Descripción de la línea..... | 71 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2.5.2. Análisis de la situación inicial | 74 |
| 6.2.5.2.1. Análisis de los aprovisionamientos | 74 |
| 6.2.5.2.2. Método del operario 1 | 76 |
| 6.2.5.2.3. Método del operario 2 | 79 |
| 6.2.5.3. Definición de nuevos métodos de trabajo y toma de tiempos | 80 |
| 6.2.5.3.1. Operario 1 | 80 |
| 6.2.5.3.2. Operario 2 | 81 |
| 6.2.5.4. Propuestas de mejora surgidas | 83 |
| 6.2.5.5. Identificación y medida de frecuencias | 85 |
| 6.2.5.6. Seguimiento del método del operario 2 y creación del estándar final | 86 |
| 7. Resumen de resultados y conclusiones | 92 |
| 7.1. Situación inicial | 92 |
| 7.2. Situación final | 93 |
| 8. Bibliografía | 95 |

ANEXO I: DOCUMENTACIÓN ANTERIOR

ANEXO II: HOJAS DE MEDIDA DE TIEMPOS, DOCUMENTOS DE TRABAJO ESTANDARIZADO Y PDCA ABIERTO EN EL HOSHIN

ANEXO III: INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS

1. Objetivos y metodología

Con el presente Trabajo Fin de Grado se persigue realizar un análisis de una línea de producción de *Hot Ends* de tubos de escape de la empresa Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L..

La necesidad de este análisis y proceso de mejora viene motivada por la falta de un método de trabajo establecido en la línea, por lo que su variabilidad es notable y la productividad que alcanza no es suficiente para satisfacer la demanda de cliente.

El objeto de ese análisis es llevar a cabo un proceso de mejora continua en dicha línea de producción. Este proceso permitirá reducir la variabilidad y establecer un método de trabajo estandarizado que sea fácil de controlar y que ayude a mejorar la calidad, seguridad y productividad de la línea.

En la empresa a este tipo de análisis se le denomina Hoshin, y consiste en un taller en el que participan todos los agentes implicados en la línea de producción: los operarios y encargados de la línea, el departamento de seguridad, el departamento de mejora continua de la empresa (en el caso de Faurecia denominado FES), ingeniería etc.

El objetivo es buscar soluciones sencillas y rápidamente aplicables que sirvan para mejorar la seguridad, calidad y productividad de la línea y documentar todo el proceso. Para ello, primero es necesario conocer bien la línea que se va a estudiar, por lo que es vital conocer el proceso por uno mismo en el taller para comprenderlo y poder realizar un análisis correcto del mismo.

El proceso de análisis y mejora será el siguiente: en primer lugar, se analizará el punto de partida de la línea (la forma de trabajo o la disposición del lay-out, entre otros). Se medirá y documentará el modo de trabajo del punto de partida y, a partir del mismo, se propondrá un nuevo método de trabajo mediante mejoras que reduzcan los desperdicios que no añaden valor para el cliente.

Tras realizar ese trabajo de análisis del punto de partida y establecer nuevos métodos de trabajo mediante mejoras, se realizará un seguimiento de los mismos tras su implantación, así como la incorporación de las mejoras que vayan surgiendo posteriormente al análisis inicial.

Por último, se medirá y documentará la situación final a la que se ha llegado tras todo el proceso de mejora, documentando el nuevo método de trabajo en las hojas de trabajo estandarizado y haciendo un resumen de los beneficios conseguidos mediante todo el proceso.

2. Introducción a la empresa

2.1. Prácticas curriculares:

El presente Trabajo Fin de Grado surge de mi participación en el proyecto formativo de prácticas en empresa ofertado en el octavo semestre del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales. En este caso, las prácticas realizadas pertenecen a la oferta de la mención mecánica del grado.

El proceso de adjudicación de las prácticas en empresa fue el siguiente: en primer lugar, diferentes empresas del sector industrial en Navarra propusieron proyectos formativos en los distintos departamentos de la empresa a la universidad, y ésta se los propuso a los alumnos. Una vez conocidos todos los proyectos formativos ofertados, las prácticas se adjudicaron según el orden del expediente académico a los alumnos interesados en una reunión en la Escuela. De esta manera, cada alumno pudo escoger en función de su expediente el proyecto formativo más cercano a sus preferencias e intereses.

En este caso, el proyecto formativo escogido se centra en los siguientes aspectos:

- Apoyo al lanzamiento y coordinación de nuevos proyectos
- Asentamiento de la instalación de los procesos conforme al Bussines Plan
- Aseguramiento de los procesos, métodos y estándares de trabajo
- Aseguramiento del cumplimiento de la ley de prevención de riesgos laborales

Las prácticas se han llevado a cabo en la empresa Faurecia Emissions Control Technologies Pamplona S.L., perteneciente a la multinacional francesa Faurecia y situada en Orkoien. La duración aproximada de las prácticas ha sido de cuatro meses y medio, desde el 17 de febrero hasta el 26 de junio.

Para el correcto desarrollo del proyecto formativo, se ha contado con el apoyo y soporte de dos tutores, uno por parte de la universidad y otro por parte de la empresa. Por parte de la universidad, la tutora ha sido Miren Gurutze Pérez y, por parte de la empresa, Juan Ángel de Andrés, jefe del departamento del FES (Faurecia Excellence System), en el que se han desarrollado las prácticas.

A rasgos generales, en el departamento del FES o Sistema de Excelencia de Faurecia se realizan estudios y labores dirigidas a lograr la mejora continua en la calidad, coste, entrega y seguridad, con el objetivo de identificar y eliminar todos los desperdicios. Por lo tanto, el trabajo realizado se centrará en estos principios.

2.2. El grupo Faurecia:

Faurecia es una empresa internacional de origen francés de la industria del automóvil. Tiene sede en Nanterre y su accionista mayoritario es el fabricante de automóviles francés PSA

Peugeot Citroën, aunque la empresa se ejecuta de manera independiente.



Fig. 2.1 Logotipo de la empresa [1]

La compañía cuenta con 330 plantas de producción y 30 centros I+D repartidos en 34 países, empleando a más de 99.000 personas (entre ellas 6000 ingenieros y técnicos). Está especializada en el diseño, desarrollo, fabricación y suministro de piezas de automóviles, dividiendo su negocio en 4 grupos empresariales clave:

- Asientos de automóviles (*Automotive Seating*): estructuras, mecanismos de ajustes manuales y eléctricos, confort y tapicería (espuma, reposacabezas, fundas para asientos, sistemas de confort) y asientos completos.
- Tecnologías de control de emisiones (*Emissions Control Technologies*): componentes de control de la contaminación (colectores, convertidores, catalizadores, filtros de partículas) y acústica (silenciosos).
- Sistemas de interior (*Interior Systems*): panel de instrumentos, consola central, panel de puertas, módulos acústicos y componentes decorativos.
- Exteriores de automóviles (*Automotive Exteriors*): parachoques y cuerpos de plástico, módulos frontales y piezas compuestas (visible, semi-estructural, estructural).

Es el sexto mayor fabricante de componentes del automóvil a nivel mundial, siendo líder mundial tanto en la división de sistemas de control de las emisiones como en la de interiores de vehículos y en la producción de estructuras y mecanismos para los asientos.

También es el fabricante número 1 de Europa en la sección de exteriores de automóviles, y el tercero a nivel mundial en fabricación de asientos completos.

En la siguiente gráfica se puede ver el porcentaje de ventas de cada sector de negocio (según datos de 2013; fuente: Faurecia):

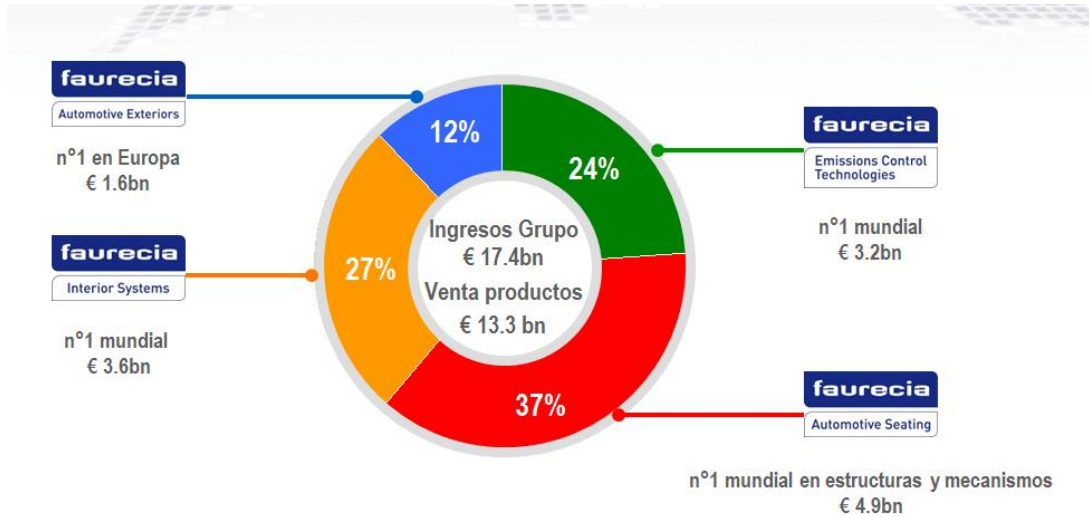


Fig. 2.2 Volúmenes de venta según división, año 2013 [1]

En cuanto a sus ventas, la mayoría provienen de los asientos de automóvil, seguido de los sistemas de interior y de las tecnologías de control de emisiones. En un porcentaje menor, se encontrarían las ventas de exteriores de vehículos.

Sus clientes principales son el grupo Volkswagen (Volkswagen, Audi, SEAT...), Ford y PSA Peugeot-Citroën, aunque entre sus clientes también se pueden encontrar marcas como BMW, General Motors, Renault-Nissan, Hyundai o Fiat-Chrysler.

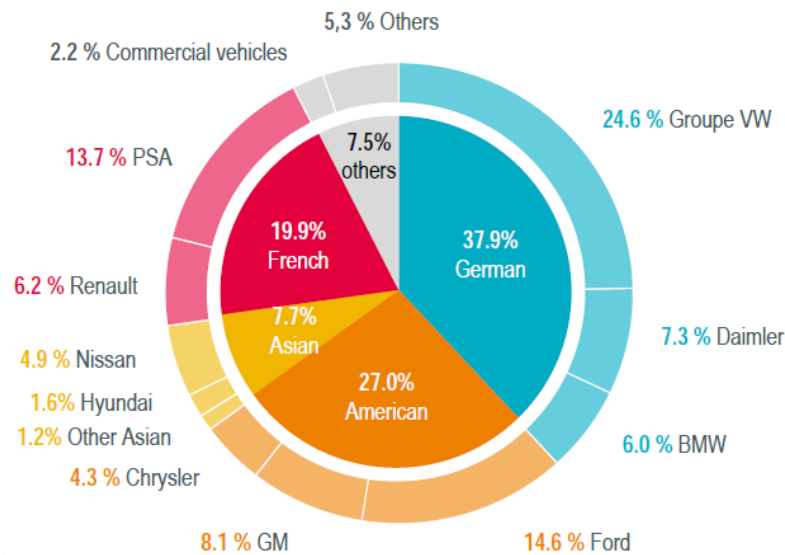


Fig. 2.3 Clientes del grupo en porcentaje de ventas, año 2014 [1]

2.2.1. Historia:

El grupo Faurecia nació en el año 1997 tras la fusión entre Bertrand Faure, especialista en cojines para asientos con base de resortes para la industria automotriz, y ECIA, una subsidiaria de Peugeot y fabricante de asientos, fascias e interiores de vehículos, con una reputación como una de las marcas principales en sistemas de escape. En ese momento, la presencia del grupo en España se ceñía a seis plantas de asientos: Villaverde en Madrid, Asientos de Castilla y León en Valladolid, Tecnoconfort en Pamplona y en Barcelona, Asientos del Norte en Pamplona e ICF en Burlada. En ese momento sólo había una planta dedicada a los sistemas de escapes, situada en Vigo.

En el año 2000 el grupo adquirió el grupo Sommer Allibert, una empresa creada en los 70 a través de la fusión entre Sommer (especializada en textil) y Allibert (piezas de plástico moldeadas). A su vez, Sommer Allibert incorporó poco después las plantas provenientes de la empresa Lignotock, dedicada al sector del automóvil y que tenía como principales clientes a Ford y Volkswagen. De esta manera, se incorporaron al grupo las 10 empresas con las que contaba Sommer Allibert en España: Olmedo, Tarrasa y Fuenlabrada (originarias de Sommer), Madrid-Campezo, Tarazona y Ourense (originarias de Allibert) y Quart de Poblet, Almussafes, Porriño y Abrera (provenientes de Lignotock).

En la década siguiente, el grupo fue modificando su presencia en España: Asientos del Norte se trasladó a Vitoria, se abrió la planta de Asientos de Galicia en Vigo y los Centros de Desarrollo de Valencia y Abrera fueron creciendo cada vez más. A su vez, algunas fábricas tuvieron que cerrar, ya que la producción se concentró en las plantas tecnológicas más modernas.

En el año 2010 Faurecia adquirió las multinacionales Emcon Technologies (especialistas en sistemas de escape) y Plastal (exteriores), pasando sus centros de trabajo en España a formar parte del grupo. De esta manera, las plantas de Barcelona, Valencia, Tudela y Valladolid (fabricantes de componentes para el exterior del vehículo) y la de Orkoien (fabricante de sistemas de escape) se incorporaron a Faurecia.

En la actualidad Faurecia emplea a unas 5000 personas en España. Posee 23 fábricas y 4 centros I+D y desde ellas suministra asientos, sistemas de interior, sistemas de escapes y exteriores de vehículo a prácticamente todos los constructores localizados tanto en España como en el resto del mundo.

2.2.2. Faurecia en Orkoien:

Como se ha comentado, la planta de Faurecia en Orkoien pertenece a la división de tecnologías de control de emisiones y se dedica a la fabricación de las diferentes partes de los tubos de escape, así como al ensamblaje de esas partes para obtener el subconjunto final.

La planta está situada en el polígono industrial Mendikur de Orkoien, y se extiende sobre 25500 m². De esos 25.500 m² alrededor de 14.000 m² son ocupados por instalaciones industriales (almacén, oficinas, taller, centro técnico etc.). El resto son plazas de aparcamiento

y zonas ajardinadas. La planta emplea a unas 300 personas.

Entre los productos que se fabrican se pueden encontrar colectores (para motores de gasolina o diésel), catalizadores o silenciosos.



Fig. 2.4 Planta de Faurecia en Orkoien

Además, en Orkoien se encuentra uno de los cuatro centros de I+D que la multinacional tiene en España (el centro técnico), el único de la división de tecnologías de control de las emisiones que existen en el país.

Los principales clientes de la planta son los siguientes: Volkswagen, Ford, Audi, SEAT, Toyota y Nissan, teniendo también como clientes a PSA Peugeot-Citroën, Skoda, Renault, Magna, Tenneco y Bosal.

En cuanto a la organización de la planta, está dirigida por un director de planta, del cual cuelgan los siguientes departamentos: calidad, finanzas, FES, recursos humanos, ingeniería de manufactura, producción, logística, seguridad, sistemas informáticos, ventas y mantenimiento.

2.2.2.1. Organización productiva de la planta:

La actividad productiva se organiza en una UAP (Unidad Autónoma de Producción) la cual dispone de todos los medios materiales y humanos para satisfacer a los clientes sobre una línea de productos o familia de productos (todo lo que engloba la producción). La UAP, a su vez, está compuesta de diferentes GAPs (Grupos Autónomos de Producción).

Un GAP es un grupo de 2 a 8 operarios que realizan su actividad en la planta de producción (dentro de la misma línea o en líneas similares) y que dispone de los medios necesarios para satisfacer al cliente externo o interno. En el GAP el trabajo está orientado a los procesos y se persigue en todo momento la mejora continua. Además, cada GAP es decisivo a

la hora de mantener el sistema y perseguir el control y la mejora continua de los resultados QCDDP (Quality Cost Delivery People); es decir, en cuanto a calidad, coste, entrega y personal.

En cada uno de los GAPs un operario está designado como líder del GAP. Se trata de un operario especial, el cual dedica en torno a un 30% de su tiempo a la actividad productiva propia de la línea (reemplaza y refuerza). El resto del tiempo lo emplea para realizar tareas adicionales como la formación de los nuevos operarios, coordinar el trabajo en el área del gap o mejorar el trabajo eliminando el trabajo no estándar. Además, pilota la reunión TOP 5 diaria del GAP, gestiona las ideas de mejora y actualiza los indicadores de resultado.

Por cada 20-25 operarios que trabajan en la planta de producción existe un supervisor o encargado, del cual dependen varios GAPs. Su labor es la de coordinar los diferentes GAPs y supervisarlos.

Por último, la coordinación y planificación de todo el sistema productivo depende del departamento de producción.

En definitiva, en cada planta hay:

- Un director de planta que dirige a entre 100 y 800 personas.
- Un jefe de producción y un jefe de logística del cual dependen como máximo 200 personas.
- Un supervisor que supervisa máximo a 25 personas.
- GAPs con 8 personas como máximo.

En cuanto al sistema productivo empleado, se trata de un sistema Just In Time (JIT; Justo a Tiempo), en el que mediante un sistema *pull* es el cliente el que tira de la producción, la cual se nivela mediante diferentes métodos (tarjetas Kanban, nivelación de la producción etc.).

2.2.2.2. FES: Faurecia Excellence System:

Las prácticas se han realizado en el departamento del FES, el sistema de excelencia de la empresa, por lo que el Trabajo Fin de Grado se ha desarrollado dentro de las labores del mismo.

El Sistema de Excelencia de Faurecia está diseñado para conseguir e implementar la mejora continua en calidad, coste, entrega y seguridad, tratando de identificar y eliminar todos los desperdicios para reproducir sólo tareas con valor añadido para el cliente. Para ello, engloba y está en contacto directo con el resto de departamentos de la empresa. Se trata de una mentalidad compartida por todos los empleados de la empresa, la aplicación del mismo enfoque en todos los centros de Faurecia, y sirve para garantizar los mismos estándares de eficiencia, rendimiento y calidad en todo el mundo.

El sistema está soportado por cuatro pilares básicos: liderazgo, desarrollo, producción y clientes; y está basado en los fundamentos de alianza con los proveedores y la implicación del personal, siempre dirigido para generar valor para el cliente.

En cuanto al liderazgo, el objetivo es garantizar una visión clara de futuro y conocer y

aplicar medidas eficaces para conseguirlo. En lo que se refiere al desarrollo, se trata de diseñar productos innovadores que garanticen la rentabilidad. Para la producción, el objetivo es llevar a las fábricas al máximo nivel de rendimiento y competitividad en todo el mundo. Por último, en lo que se refiere al cliente, el objetivo es llegar a satisfacer las necesidades de los clientes y forjar una relación única con cada uno de ellos, manteniendo siempre las aspiraciones de un crecimiento rentable.

En la base, la implicación del personal se consigue mediante el establecimiento de los GAPS que realizan las tareas según el trabajo estandarizado, y la alianza con los proveedores busca la excelencia en calidad, costes y entrega mediante la creación de una base de proveedores mundial.

La base del Sistema de Excelencia Faurecia la componen once principios básicos, distribuidos en seis áreas:

- Seguridad:
 - Eliminar riesgos.
- Calidad:
 - Que sólo pasen piezas buenas al siguiente proceso.
- Producción Just In Time:
 - Crear un flujo continuo pieza a pieza.
 - Controlar la producción mediante sistemas Pull y Fill Up.
 - Desafiar las condiciones del Takt Time.
 - Presionar a los proveedores para agilizar sus entregas.
- Pre-requisitos:
 - Crear condiciones estables mediante un buen nivelado.
 - Estandarizar las condiciones actuales antes de cambiarlas.
- Personal:
 - Desarrollar la autonomía de los GAPS.
- Gestión de la mejora:
 - Gestionar los logros de la actividad del día a día.
 - Estructurar y liderar las actividades de mejora.

En la siguiente imagen se puede ver una pirámide en la que se resumen los principios generales y cultura que promueve e implanta la empresa a nivel mundial, para todas sus plantas, la cual se recoge dentro del sistema de excelencia Faurecia. En este caso, el sistema de excelencia sería parte del corazón del sistema, formando grupo con la gestión de programas y la estrategia, dentro de la gestión de operaciones y formando entre ellos el centro de la pirámide: sistemas operativos pragmáticos.



Fig. 2.5 Principios del grupo [1]

Las herramientas principales de las cuales dispone el sistema de mejora continua de la empresa son las observaciones de la actividad en la planta, la mejora de los sistemas de control de los procesos y el establecimiento de trabajos estandarizados para las tareas que se llevan a cabo en los puestos de trabajo, de manera que se eliminen los desperdicios (elaboración de Hoshines).

3. Sistema de escape

Como ya se ha dicho, la planta de Orkoien en la que se han realizado las prácticas se dedica a la fabricación de sistemas de escape. Por eso, es necesario tener unas nociones básicas acerca de este producto, qué es, qué partes tiene y para qué sirve.

El sistema de escape o tubo de escape es la parte encargada de evacuar los gases de combustión o de escape del motor térmico hacia la atmósfera. El tipo de tubo de escape empleado depende del vehículo en el que vaya implantado y del tipo de motor que lo mueva, por lo que existen diversas variantes o modelos del mismo.

Las funciones del sistema de escape son reducir la temperatura y velocidad de los gases de combustión y expulsarlos, así como reducir el ruido generado por el proceso. Por último, también tiene la función de reducir la emisión de productos contaminantes a la atmósfera, de manera que los niveles de emisión se ajusten a lo establecido en la normativa vigente. Esta última función es de gran importancia, ya que, debido a la gran preocupación de la sociedad por la contaminación en todas sus formas, los límites marcados por la ley son cada vez más restrictivos. Esto hace que el sistema de escape sea un elemento importante y de gran interés.

El sistema de escape está formado por los siguientes elementos:

- Colector
- Tubo flexible
- Catalizadores, filtros de partículas, sistemas de regeneración etc.
- Tubos intermedios
- Marmitas y resonadores
- Varillas de sujeción
- Silentblocks
- Tubos de cola

Desde un punto de vista general, el sistema se divide en dos partes: *Hot End* o parte caliente y *Cold End* o parte fría.

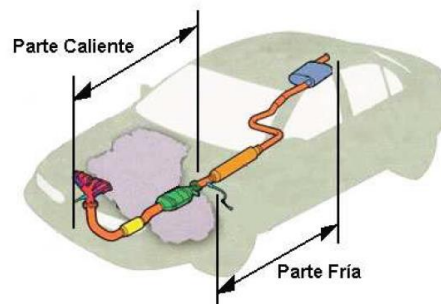


Fig. 3.1 Situación del tubo de escape en el coche [1]

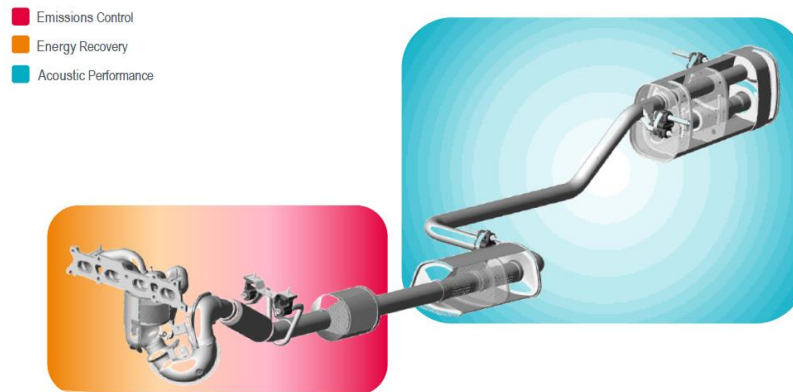


Fig. 3.2 Partes del tubo de escape [1]

3.1. Hot End (parte caliente):

El Hot End o parte caliente toma su nombre de las altas temperaturas a las que está sometido, ya que es la parte más próxima al motor. De esta manera, recibe los gases procedentes de la combustión, cuya temperatura ronda los 900°C.

Esta parte es la encargada de realizar el control de emisiones de contaminantes a la atmósfera mediante diversos sistemas y también realiza la recuperación de energía.

Los componentes fundamentales del Hot End son el colector, el tubo flexible y el catalizador, aunque en el caso de los motores diesel también pueden llevar un filtro de partículas (DPF: Diesel Particle Filter).

A continuación, se hará una descripción de cada uno de estos componentes:

3.1.1. Colector:

El colector es el primer componente del sistema de escape. Se trata de la parte que recoge los tubos que salen de cada cilindro y los une más adelante. Dicho de otro modo, se trata de un entramado de tubos por los que circulan los productos de la combustión después de salir por las válvulas de escape. Su diseño está pensado para no generar una excesiva turbulencia de los gases de combustión y generalmente suelen estar fabricados de acero inoxidable, aluminio o de fundición.

En el caso de la planta de Orkoien, este componente no se produce.



Fig. 3.3 Colector [1]

3.1.2. Subconjunto flexible:

Se trata de un tubo metálico estanco con la superficie plegada a modo de fuelle para darle una mayor elasticidad. Se recubre con una malla de protección térmica, y sus extremos se sueldan a dos casquillos que permitirán su acople al resto del sistema.

Se sitúa antes del catalizador y su cometido es evitar la transmisión de vibraciones y esfuerzos, desacoplando el movimiento del motor y evitando que produzca daños en el resto del sistema o del chasis (a través de los soportes).

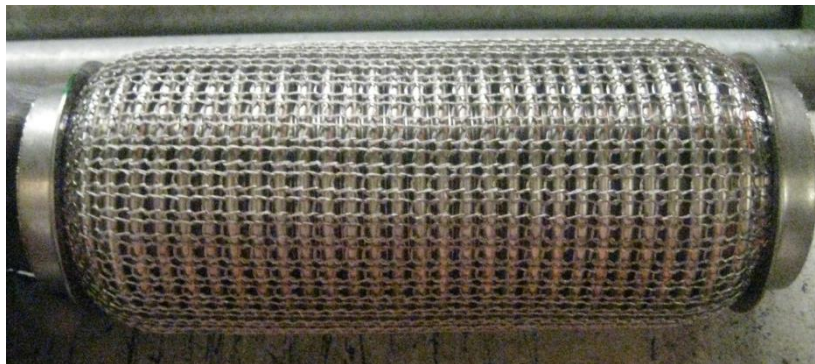


Fig 3.4 Flexible

3.1.3. Catalizador:

El catalizador es el elemento del tubo de escape por el que pasan los gases de la combustión con el objetivo de transformar los componentes nocivos de los mismos en componentes menos tóxicos. De esta manera, se consigue minimizar la contaminación de la atmósfera cuando los gases son expulsados al final del sistema. Se usan en motores de combustión interna.

Si se operara en condiciones ideales, los productos de la combustión de un motor térmico convencional serían vapor de agua y carbono dióxido (CO_2). Estos gases también contienen nitrógeno (N_2), dado que éste es el mayor componente del aire empleado en la combustión (78%). La emisión de estos componentes no es perjudicial, aunque contribuyen al efecto invernadero.

Dado que en la práctica el proceso nunca es ideal o perfecto, se producen en menores cantidades otro tipo de componentes que sí son nocivos para la atmósfera y para las personas.

La función del catalizador, como se ha comentado, es reducir las emisiones de esos componentes mediante reacciones que los transformen en carbono dióxido, vapor de agua o nitrógeno.

Los productos nocivos que se producen en la combustión son los siguientes:

- Carbono monóxido (CO): gas nocivo incoloro e inodoro.
- Hidrocarburos sin quemar (HC) o compuestos orgánicos volátiles (COV): se produce debido a un exceso de combustible, quedando combustible sin quemar. Es decir, aparecen cuando se trabaja con mezclas más ricas que la estequiométrica.
- Óxidos de nitrógeno (NOx): son productos que se producen cuando se trabaja con mezclas inferiores a la estequiométrica. Entre otros, generan lluvia ácida.
- En el caso de motores diésel, partículas.

La normativa vigente incluye leyes y normas que regulan las emisiones de contaminantes a la atmósfera. Los límites establecidos en estas normas son muy restrictivos, por lo que el catalizador realiza una función vital dentro del sistema de escape.

Para conseguir reducir esas emisiones y convertir los productos nocivos en productos inofensivos, en el catalizador se producen dos tipos de reacciones: la oxidación del carbono monóxido y los hidrocarburos que se han quedado sin quemar y la reducción de los óxidos de nitrógeno.

Para ambas reacciones se emplean catalizadores que aceleran la reacción. En el caso de la reacción de oxidación, se emplean metales preciosos como Platino (Pt) o Paladio (Pd), mientras que en el caso de la reducción se emplea Rodio (Rh).

En cuanto su estructura, el catalizador está formado principalmente por tres partes: un monolito o ladrillo cerámico (en el cual están los metales preciosos que actúan como catalizadores de las reacciones), una manta intumesciente protectora que rodea al monolito (y lo protege, entre otros, de las vibraciones) y una envolvente de acero inoxidable (en ocasiones provista de una pantalla anticalórica de aluminio) que contiene y envuelve a los dos anteriores.

La estructura del monolito, en el cual se dan todas las reacciones de reducción-oxidación, contiene celdillas con una densidad que ronda las 70 celdillas por centímetro cuadrado. Dada su estructura y los metales y materiales que lo componen, su precio es elevado (entre 300-450€), siendo uno de los elementos más caros de todo el sistema. Como ventaja, cabe citar que se puede recuperar en caso de piezas defectuosas, recuperando su coste en gran medida.

Para el correcto funcionamiento del catalizador la temperatura de operación debe ser elevada y la concentración de oxígeno muy precisa (controlada por la Sonda Lambda).

En la siguiente imagen se puede ver un catalizador (el canning):



Fig 3.5 Canning

3.1.4. Filtro de partículas:

En el caso de un motor diésel, la emisión de partículas de carbono es una de las principales fuentes de contaminación. Para evitarlo, se emplea un dispositivo similar a un catalizador llamado filtro de partículas (DPF).

En el caso de un filtro de partículas, el monolito empleado consta de un patrón opuesto de celdillas en cada extremo. De esta manera, se forman conductos cerrados entre los dos extremos que atrapan las partículas, además de reducir la presencia de otros elementos perjudiciales y permitir el paso de aire filtrado.

Con el tiempo, debido al uso, el filtro se va obstruyendo, dejando de ser efectivo y ofreciendo una resistencia excesiva al paso de gas. Así, se obtiene una elevada contrapresión y el motor pierde potencia. Sin embargo, existen tecnologías que limpian el filtro cuando se detecta una contrapresión excesiva (por ejemplo, mediante la post-inyección de gasoil).

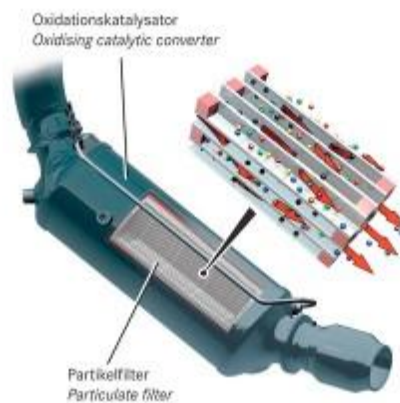


Fig 3.6 Filtro de partículas (motor diésel)

3.2. Cold End (parte fría):

El Cold End comprende desde la válvula de control (que atenúa bajas frecuencias y optimiza la contrapresión) hasta el tubo o los tubos de cola, y se sitúa en el espacio disponible

en los bajos del coche (es la parte del tubo de escape que se puede ver por debajo del coche). Para sujetarlo al chasis se emplean varillas y silentblocks, los cuales son componentes elásticos que sirven para amortiguar las vibraciones.

Su función es reducir progresivamente la velocidad, temperatura y presión de los gases que vienen de la parte caliente para minimizar así el ruido generado al salir a la atmósfera. Es por eso que también se conoce como “silencioso”.

Está compuesto por tubos intermedios, marmitas o *mufflers*, tubos de cola y elementos de sujeción (varillas o ganchos y silentblocks).

A continuación, se hará una descripción de cada uno de estos componentes:

3.2.1. Tubos intermedios:

Se sitúan entre el principio de la parte fría y la primera marmita y entre las marmitas. Junto con los tubos del final, su objetivo es reducir la temperatura de los gases que circulan por su interior. Para cumplir ese objetivo, son largos y están compuestos de materiales conductores, como podría ser el acero inoxidable.

Uno de los factores determinantes para la consecución de su objetivo es el diámetro de tubo empleado, ya que éste tendrá influencia directa en el valor de contrapresión y en el nivel de sonoridad. De esta manera, cuanto mayor sea el diámetro, la contrapresión será menor, siendo menor la resistencia a la salida del gas y la potencia perdida. Por el contrario, también aumentará el nivel de ruido emitido, por lo que es necesario buscar un buen equilibrio entre los dos aspectos para el motor en el que estén implantados.

Dado que los tubos están colocados en un chasis y bastidor ya definidos, con una geometría específica, otro factor importante es el recorrido que realizarán los tubos, ya que se tendrán que adecuar al espacio disponible en el chasis.



Fig 3.7 Tubo intermedio

3.2.2. Marmitas (muffler-s):

Su misión es reducir el ruido emitido incidiendo más profundamente sobre la sonoridad. Se intercalan en el recorrido del gas hacia la salida y atenúan frecuencias específicas que resultan especialmente problemáticas o molestas.

Internamente, está compuesta por los siguientes elementos, los cuales sirven para realizar un ajuste sonoro o *tunning* más preciso:

- *Dispositivo de Helmholtz*: atenúa una frecuencia concreta (generalmente bajas frecuencias).
- *Tubo perforado*: produce disipación resistiva por fricción y reactiva por reflexión.
- *Bypass*: atenúa una frecuencia específica mediante generación de una onda en desfase.
- *Material de absorción*: reduce el ruido de flujo, suavizando el ruido emitido. Generalmente se emplea E-Glass.
- *Bean Can*: normalmente se sitúa en el tubo de salida y atenúa frecuencias altas.
- *Baffles*: a veces presentan perforaciones, y sirven para conseguir múltiples efectos.

En función del vehículo en el que se instalen (geometría, motorización etc.) existen muchas variantes, dependiendo el diseño de muchas variables: posición, dimensiones, temperatura, vibración, componentes internos, peso, coste etc.



Fig 3.8 Carros de marmitas

En cuanto a la fabricación, la diferencia entre los procesos productivos radica en el método empleado para crear y cerrar la envolvente (que envuelve a todos los componentes). Generalmente, se emplean tres: agrafado (cerrando mecánicamente dos chapas con la forma deseada mediante una costura estanca), Clam-Shell (uniendo dos semiconchas mediante soldadura) y Spun (en marmitas pequeñas o resonadores, con tubo mecanizado por ambos extremos).

En la planta de Orkoien se emplea el sistema de cierre mediante agrafado:

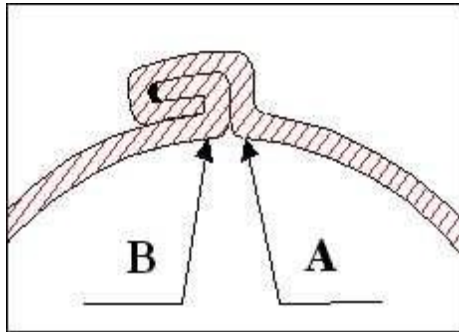


Fig 3.9 Cierre de marmita mediante agrafado [6]

3.2.3. Elementos de sujeción:

Los elementos de sujeción son varillas o ganchos y silentblocks.

El silencioso se sujeta al chasis del vehículo mediante varillas, en las que se colocan los silentblocks. En cuanto a las varillas, éstas pueden estar compuestas por pequeños tubos o por secciones macizas, y se sueldan a diversos puntos del sistema para sujetar el silencioso.

En el caso de los silentblocks, son elementos que tienen al menos dos agujeros donde se insertan las varillas del silencioso y las del chasis. Tienen que tener una elasticidad tal que transmita el mínimo esfuerzo desde el chasis al silencioso, de manera que el silencioso se mueva lo menos posible. En las partes más frías se suelen emplear silentblocks de EPDM (negros) y, para las zonas más calientes (más habitualmente con motores de gasolina), se emplean silentblocks de silicona (rojos).



Fig 3.10 Silentblock



Fig 3.11 Varillas

3.2.4. Tubo de cola:

El tubo de cola es el elemento final del sistema de escape y, en función de su longitud y de su sección transversal, varían los valores de contrapresión y contaminación acústica de los gases a la salida del mismo.

El tubo de cola es elemento encargado de emitir los gases tratados a la atmósfera, y se trata del único elemento del sistema de escape que sobresale por la parte trasera del vehículo, factor que también influye en su diseño. En función del vehículo, puede tener un único tubo de salida o dos tubos de salida.



Fig 3.12 Tubo de cola/salida



Fig 3.13 Final del sistema de escape en un coche

4. Conceptos de Lean Manufacturing y mejora continua

El Lean Manufacturing consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas de fabricación que persiguen conseguir una mejora continua de los procesos productivos mediante la reducción de cualquier tipo de desperdicio, empleando para ello el mínimo de recursos. Mediante la eliminación de los distintos desperdicios, la calidad tanto de producto como de proceso mejora, y se reducen el tiempo de producción y el coste. Para conseguir dichos objetivos, es necesario conocer las técnicas y aplicarlas de manera sistemática y habitual.

El sistema Lean trata de generar una nueva cultura en la empresa mediante una filosofía de trabajo basada en las personas y en contacto directo con los problemas que se generan en la planta de producción. Se trata de estudiar los procesos a pie de máquina y con apoyo por parte de la dirección. Así, una comunicación efectiva entre los distintos niveles de la empresa es fundamental para desarrollar y aplicar el sistema Lean.

Las técnicas aplicadas de manera sistemática y habitual en el sistema Lean abarcan en la práctica todas las áreas operativas de fabricación: organización de los puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro etc. De esta forma, acciones relacionadas con la mejora de tiempos, optimización de la distribución en planta, aplicación de la calidad total o la organización de puestos de trabajo, entre otras, son acciones Lean.

En definitiva, el sistema Lean consiste, básicamente, en obtener el producto correcto, en el lugar correcto, en el momento correcto y en la cantidad correcta (producción Just-In-Time), minimizando los desperdicios, siendo flexible y teniendo una mentalidad abierta al cambio.

4.1. Orígenes y antecedentes del Lean Manufacturing:

Las técnicas de organización de la producción surgen con los trabajos de F.W. Taylor (establecimiento de métodos en procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos) y Henry Ford (introducción de cadenas de fabricación de automóviles, sincronización de procesos etc.) a principios del siglo XX. En esos trabajos, se formalizan y se establecen las metodologías de los conceptos de fabricación en serie aplicados a finales del siglo XIX, y se busca una nueva forma de organización para la producción rígida en masa de grandes lotes de producto.

El pensamiento que rompe con esas técnicas y que comienza a establecer el pensamiento Lean se produce en Japón. En 1902, Sakichi Toyoda inventó un dispositivo que detenía el telar cuando se rompía el hilo e indicaba al operador que debía atender a la máquina mediante una señal visual, separando así a operario y máquina. Así, un único operario podía controlar varias máquinas, mejorando notablemente la productividad. Fue entonces cuando comenzó la preocupación por tratar mejorar los métodos de trabajo

permanentemente.

En 1929 Sakichi Toyoda fundó junto a su hijo Kiichiro la compañía Toyota. Después de la Segunda Guerra Mundial, la industria japonesa tuvo que reconstruirse a partir de un estado de precariedad y de falta de materias primas, por lo que el objetivo fue tratar de mejorar la productividad sin recurrir a economías de escala. En esa situación, Toyota fue la empresa que más se esforzó en la búsqueda de nuevas alternativas que se pudieran llevar a la práctica.

En 1949, tras un colapso de ventas que obligó a despedir a gran parte de la mano de obra tras una larga huelga, los ingenieros de la firma Eiji Toyoda y Taiicho Ohno (considerado el padre del Lean Manufacturing) visitaron las empresas automovilísticas americanas (fabricación de pocos modelos pero a gran escala). Dedujeron que el sistema no era aplicable en Japón y que en el futuro habría que fabricar modelos en lotes pequeños y una gran variedad de los mismos a bajo coste. Por fin, concluyeron que eso sólo se conseguiría suprimiendo los stocks y eliminando desperdicios o despilfarros.

Fue así como Onho estableció las bases del sistema de gestión JIT (Just In Time) o TPS (Toyota Production System) a partir de un principio muy simple: producir lo que se necesita cuando el cliente lo demanda. Además, tras los estudios de Shigeo Shingo (también ingeniero de Toyota), se entendió la necesidad de que las operaciones productivas fueran flujos continuos, sin interrupciones, reduciendo los tiempos de preparación. De esta forma, se fueron desarrollando técnicas como el sistema SMED, Kanban, Jidoka o Poka Yoke que fueron enriqueciendo el sistema Toyota.

El sistema JIT o TPS tomó fuerza con la crisis del petróleo de 1973, extendiéndose al resto de empresas japonesas que querían recuperarse de las pérdidas en las que habían caído. Fue entonces cuando la industria japonesa tomó una ventaja competitiva frente a las empresas occidentales.

Aun así, no fue hasta principios de los 90 cuando el modelo japonés se extendió a occidente gracias a la publicación de *La máquina que cambió el mundo* de Womack, Jones y Roos. En ella, se definía el sistema japonés como un nuevo sistema de producción “capaz de combinar eficiencia, flexibilidad y calidad” aplicable en todo el mundo. Fue en esta obra donde se empleó por primera vez la denominación de Lean Manufacturing para denominar el conjunto de técnicas que se habían aplicado en Japón desde hacía décadas.

Por lo tanto, el origen del Lean Manufacturing se encuentra en el momento en el que las empresas japonesas adoptaron una cultura que se ha mantenido hasta hoy en día. Esa cultura consiste en buscar continuamente la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación a nivel de puesto de trabajo y de línea de fabricación. Para ello, es necesario estar en contacto directo con los problemas, contar con la colaboración e involucración de todo el personal y establecer una comunicación plena entre todos los niveles organizativos de la empresa. Así, se adoptan los principios de calidad total y mejora continua y se termina produciéndose un cambio de mentalidad.

4.2. Principios del Lean Manufacturing:

Las bases del Lean Manufacturing son las siguientes:

- **Calidad total a la primera:** tratar de conseguir cero defectos; detectar y solucionar los problemas en el origen de los mismos.
- **Eliminación de desperdicios:** eliminar las actividades que no añaden valor y optimizar el uso de los recursos (capital, personal y espacio).
- **Mejora continua:** compartir la información a todos los niveles, reducir costes, mejorar la calidad y aumentar la productividad.
- **Procesos y producción pull:** es el cliente el que tira de la producción y no la producción la que empuja los productos hacia el cliente.
- **Flexibilidad:** ser capaz de producir una gran variedad de productos sin sacrificar la eficiencia en los productos que tienen volúmenes menores de producción.
- **Relación con los proveedores:** construir y mantener una relación a largo plazo con los proveedores, compartiendo el riesgo, los costes y la información.
- **Plena utilización de las capacidades de la mano de obra:** trabajadores polivalentes, formación de los trabajadores para comprobar parámetros de calidad y de mantenimiento y aplicación práctica de las habilidades de los trabajadores.

Los principios que rigen esas bases se fundamentan desde un punto de vista del factor humano, de la manera de trabajar y pensar y desde un punto de vista productivo. Son los siguientes [5]:

- Trabajar en planta y comprobar las cosas in situ.
- Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinares.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.
- Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- Utilizar sistemas *Pull* para evitar la sobreproducción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas del sistema JIT.
- Reducir los ciclos de fabricación y diseño.

- Conseguir la eliminación de defectos.
- Trabajar mediante un flujo continuo, realizando los ciclos pieza a pieza (producir una pieza cada vez).

4.3. Estructura del sistema Lean:

Tradicionalmente se ha empleado el esquema de la “Casa del sistema de Producción Toyota” para visualizar la estructura del sistema Lean y obtener de un vistazo las técnicas disponibles para su aplicación.

La razón de emplear una casa es porque ésta constituye una estructura que es fuerte siempre que los cimientos y las columnas que la mantienen sean fuertes. En este caso, una parte en mal estado debilitaría todo el sistema. En la siguiente imagen se pueden ver las técnicas que forman esa casa:

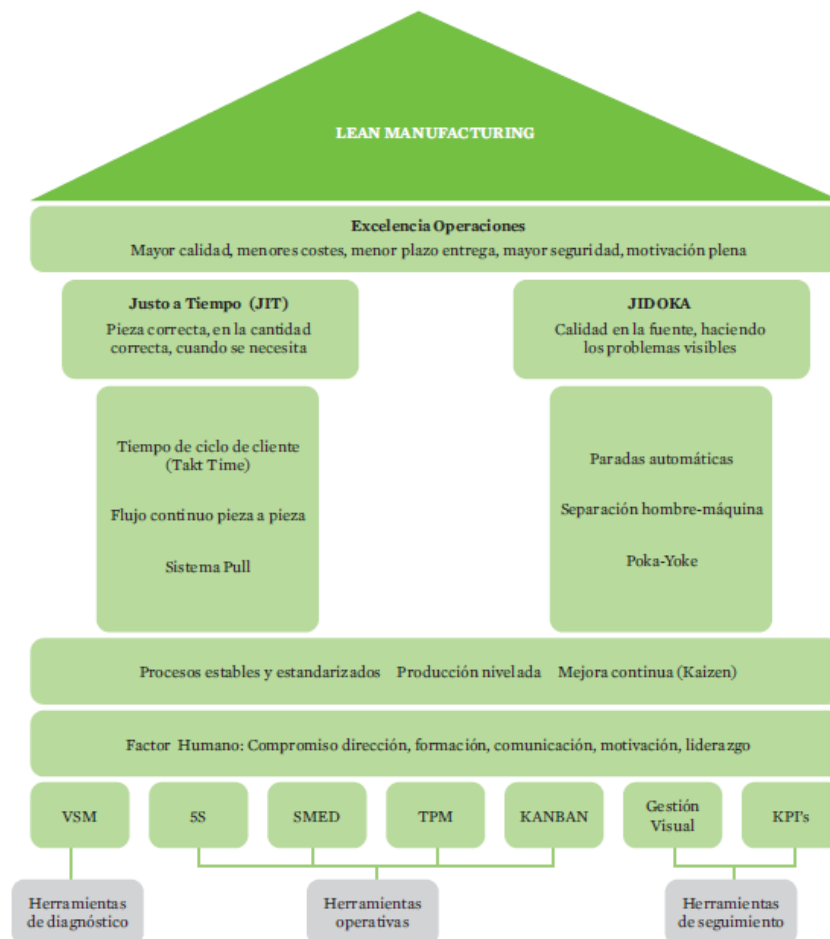


Fig 4.1 Adaptación actualizada de la casa Toyota [5]

Como se puede ver, en el techo se encuentran los objetivos del sistema; es decir, mejorar la calidad y seguridad a un bajo coste y con el mejor tiempo de entrega. Las dos

columnas que sujetan ese techo son el JIT (producir lo indicado en el momento requerido y en la cantidad exacta) y *Jidoka* (capacitar a los operarios para saber cuándo se ha producido un defecto y parar la línea para eliminarlo y que no pase a fases siguientes).

En la base, se encuentran la estandarización y estabilidad de los procesos: la nivelación de la producción (*heijunka*) y la aplicación sistemática de la mejora continua. También es importante el factor humano en la base del sistema, entendiendo como tal el compromiso de la dirección, la formación de equipos liderados por un líder, la formación y capacitación del personal, los mecanismos de motivación y los sistemas de recompensa [5].

4.4. Técnicas Lean:

En este apartado se realizará una descripción de las técnicas y conceptos más importantes del sistema necesarios para entender el planteamiento del Hoshin:

4.4.1. Pull System para una producción JIT:

Tradicionalmente, la producción ha sido la encargada de empujar los productos hacia el cliente mediante sistemas de producción *Push*. En este tipo de sistemas la producción empieza desde el almacén que suministra los productos a las líneas de producción y éstas a su vez se los suministran a las siguientes líneas. Así, el producto termina llegando a cliente después de haber sido “empujado” desde el almacén hacia las líneas de producción según la planificación del sistema *push*. Sin embargo, este sistema hace muy difícil enfrentarse a los problemas en líneas de producción anteriores o a cambios de demanda por parte del cliente.

En la esquina opuesta al *Push System* se encuentra el *Pull System*, en el que es el cliente el que tira de la producción mediante su demanda. Esto lleva a una producción JIT, en la que el objetivo es producir los productos demandados por el cliente en el momento justo y en la cantidad necesaria.

Para conseguir producir según la demanda del cliente en el momento justo, se emplea una herramienta denominada *Heijunka*, la cual establece las técnicas que sirven para planificar y nivelar la demanda del cliente en volumen y variedad de modelos durante un cierto periodo, permitiendo la evolución hacia la producción en un flujo pieza a pieza. Gracias a esas técnicas es posible establecer un plan de producción dirigido a satisfacer esos objetivos o demandas, y se establece el *Pull System* de manera correcta.

Para hacer posible un sistema en el que el cliente es el que tira de la producción mediante su demanda se emplea un sistema Kanban. Se trata de un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (Kanban en japonés) u otro tipo de señales. La idea es tirar de la producción mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes de producto pequeños.

El funcionamiento del sistema es el siguiente [5]: cada proceso retira los componentes o productos que necesita de los procesos anteriores y, entonces, los procesos anteriores

comienzan a producir sólo los productos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se introducen en los contenedores de los materiales o productos, de manera que cada contenedor tendrá su tarjeta, siendo la cantidad que refleja la misa que debe tener el envase o contenedor.



Fig 4.2 Ejemplo de tarjeta Kanban

La principal aportación del uso de las tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento sólo del material vendido, reduciéndose los stocks no deseados.

4.4.1.1. Takt Time (TT):

El Takt Time indica la velocidad a la que hay que producir las piezas para satisfacer la demanda del cliente y cumplir con el JIT/Pull System. Indica la cadencia con la que tienen que salir las piezas de la línea de producción para poder satisfacer la demanda del cliente; es decir, el tiempo máximo del cual se dispone para fabricar una pieza en la línea de producción y no retrasar al cliente.

Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tiempo\ de\ producción/periodo}{N^{\circ}\ de\ piezas\ requeridas/periodo}$$

El tiempo de producción se calcula restando el tiempo de las paradas programadas de la línea al tiempo de apertura de la misma (calculado para un turno y multiplicado por los tres turnos que hay al día). Dividiendo ese tiempo de producción por el número de piezas requeridas para satisfacer la demanda de cliente se obtiene el Takt Time. Generalmente el cálculo se realiza para el periodo de un día (tiempo de producción de un día entre la demanda de un día; promediado, generalmente, en un periodo de tres meses).

Si se produce a un tiempo superior al determinado por el Takt Time, no será posible satisfacer la demanda de cliente sin retrasarlo, por lo que serán necesarios horas extras y turnos adicionales para poder cumplir con la demanda, con el coste que todo ello supone. Si, por el contrario, se trabaja a un ritmo que esté muy por debajo del Takt Time se tendrán

tiempos de espera o se generará producción de más, los cuales son desperdicios a evitar. Por lo tanto, el objetivo será trabajar al Takt Time (generalmente se puede dar un margen de un 15% por debajo para compensar problemas que pudieran surgir).

4.4.2. Mejora continua: Kaizen:

La mejora continua, como se ha ido comentando, es un pilar clave dentro del Lean Manufacturing, y se basa en la eliminación continua del desperdicio. El pilar fundamental para conseguir dicho objetivo es el trabajo en equipo bajo el que se denomina espíritu *Kaizen*.

Kaizen deriva de las palabras Kai (cambio) y Zen (bueno) y se entiende como “cambio para mejorar”. El motor de la mejora es la actitud hacia la mejora y la utilización de las capacidades de todo el personal, así como un cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas. Para ello, es muy importante la participación de los operarios en grupos o talleres de trabajo enfocados a la resolución de problemas y en la potenciación de la responsabilidad personal, ya que son ellos quienes están en contacto directo con el proceso productivo, de forma que pueden percibir la existencia de un problema y, muchas veces, son los más capacitados para imaginar soluciones de mejora.

El proceso de mejora continua consiste en un progreso paso a paso, realizando pequeñas mejoras e innovaciones por todos los empleados. Estas mejoras que se van acumulando conducen a una mejora de la calidad, reducción de costes y entrega de la cantidad justa al cliente en el plazo establecido. De esta manera, cuando aparece un problema es necesario parar el proceso productivo para analizar las causas que lo han generado y tomar las soluciones oportunas. Así, la eficiencia del sistema aumenta.

El espíritu de la mejora continua se puede resumir en 10 puntos clave [1]:

1. Abandonar ideas preconcebidas; rechazar el *status quo*.
2. En vez de explicar lo qué no se puede hacer, buscar cómo se puede hacer.
3. Seguir o apoyar inmediatamente las ideas de mejora.
4. No ser perfeccionista, conseguir el 60% del objetivo ahora.
5. Corregir los errores inmediatamente.
6. Considerar las dificultades como retos para aportar ideas constructivas.
7. Buscar la raíz de los problemas mediante los “5 Por Qué” (preguntarse por qué ha surgido el problema, por qué ha surgido la causa que ha generado el problema y así hasta cinco veces o hasta encontrar la causa raíz) y buscar la solución.
8. Utilizar las ideas de 10 personas, no esperar a un genio que venga a resolverlo sólo.
9. Intentar primero, después validar.
10. La mejora es infinita.

Pero la mejora continua tiene que combinarse con otro tipo de mejora: la innovación, el método que se había empleado tradicionalmente para la mejora en las empresas. Cabe mencionar que llega un momento en que los resultados la mejora continua son poco

significativos. Por lo tanto, es necesario realizar una inversión o un cambio de tecnología que ayude a seguir en ese camino.

En lo que se refiere a la innovación, se trata de un progreso con grandes pasos, con nuevas tecnologías que requieren grandes inversiones y mediante procesos reservados a especialistas; sólo se produce cuando las mejoras conseguidas anteriormente quedan obsoletas. Por otro lado, en cuanto a la mejora continua, se trata de un proceso con pequeños pasos, en el que se incluye a todo el mundo y que trata de pensar y perseverar en el tiempo. Si se combinan ambos procesos de mejora, se consigue obtener una mejora de los procesos productivos sostenida en el tiempo que radica en una ventaja empresarial a largo tiempo.

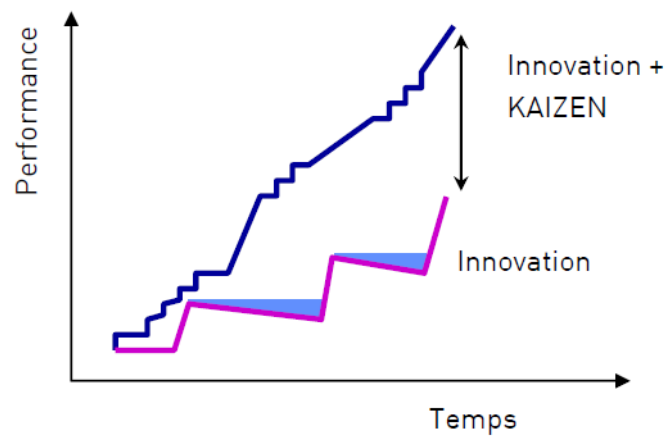


Fig 4.3 Resultados innovación y mejora continua [1]

4.4.2.1. Metodología PDCA:

Las siglas PDCA corresponden a las palabras inglesas Plan-Do-Check-Act (planificar-ejecutar-verificar-actuar). Este sencillo ciclo debe guiar todo el proceso de mejora continua, ya sea en las mejoras más drásticas como en las pequeñas mejoras.

La metodología PDCA es sencilla: en primer lugar se definen unas acciones de mejora tras un análisis del proceso actual que haga evidentes sus debilidades (Plan). En segundo lugar, se ejecutan o simulan dichas acciones (Do). En tercer lugar, se comprueban los resultados de las acciones llevadas a cabo y se sacan conclusiones (Check). Por último, se debe asegurar lo conseguido mediante la estandarización y la formación. Dado que siempre todo es mejorable, el ciclo no queda cerrado nunca, y siempre que se llega a la última fase hay que volver a planificar mejoras.

| ACTION PLAN RECAP | | | | | Leader: Area: FES | | |
|-------------------|--------------|--------|-------|-------|--|--------------------|-------|
| Site: ORKOIEN | Date raised: | | | | PDCA methodology - FAJF4.5040216EN- Issue 01 | | |
| Subject: | | | | | | | |
| Nº | Problema | Acción | Resp. | Fecha | Realizado (fecha) | Verificado (fecha) | 'Act' |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |

Fig 4.4 Ejemplo de una hoja de seguimiento de la metodología PDCA [1]

4.4.3. Eliminación de desperdicios:

Como ya se ha comentado, la eliminación de desperdicios es uno de los objetivos principales del *Lean Manufacturing*. Se entiende por desperdicio todo proceso que no añade valor al producto que se está fabricando desde el punto de vista de lo que el cliente demanda. Por eso, es vital eliminar los desperdicios (o, en su defecto, reducirlos), ya que de esta manera se consigue reducir costes y hacer más eficiente el proceso de fabricación, mejorando la productividad.

Uno de los procesos clave en cualquier actividad de mejora continua es, por tanto, la identificación de cuáles son los pasos que añaden valor al producto para el cliente y cuales no; es decir, identificar los desperdicios. En ese sentido, tradicionalmente se han identificado siete tipos de desperdicios: exceso de inventario o stocks, esperas, chatarras y recuperaciones, movimientos inútiles o innecesarios, transporte, reglajes innecesarios (procesos inapropiados o sobreprocesos) y sobreproducción; aunque, últimamente, se tiende a incluir un octavo desperdicio: no aprovechar el talento humano del cual se dispone en la empresa.

La formación de los operarios en todos los tipos de desperdicios y su implicación en la detección de los mismos es fundamental. Se abandonan las ideas preconcebidas antiguamente en las empresas que subestimaban a sus empleados, ya que éstos son la clave hacia una buena resolución y la obtención de buenas ideas, porque son ellos quienes trabajan día a día en las líneas y las conocen mejor que nadie.

4.4.3.1. DLE:

Las siglas DLE responden a las palabras *Direct Labor Efficiency*; es decir, eficiencia de la mano de obra directa. Este indicador sirve para determinar qué porcentaje del trabajo que se está realizando en la línea de producción está aportando realmente valor al producto que el cliente va a comprar. Para que sea aceptable, su valor tiene que estar entre 50-60 ó 55-60, y si es superior, será mejor.

Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$DLE = \frac{\text{Horas almacén}}{\text{Tiempo de presencia}} * 100$$

Se trata de la división entre todo el tiempo que se emplea en producir los productos que se declaran y se llevan finalmente a almacén y todo el tiempo que se ha estado en la línea de producción (toda la jornada laboral, todo el tiempo que se paga).

Con horas almacén se refiere al producto entre todas las piezas fabricadas (las cuales se declaran en el sistema y se llevan a almacén) y el tiempo de ruta de las mismas.

El tiempo de ruta se calcula multiplicando el tiempo ciclo asociado a la fabricación de esa pieza por el número de operarios que se necesitan para fabricarla; es decir, el contenido de trabajo o *work content* de la célula. De esta manera, si en una célula de trabajo el tiempo ciclo es de 50'' y se trabaja con 6 operarios, el contenido de trabajo o tiempo de ruta será de 300'' por pieza. A ese tiempo generalmente se le aplica un factor que sirve para tener en cuenta a los operarios de logística que trabajan en el almacén, abasteciendo la línea y demás. Si ese tiempo se multiplica por el total de piezas fabricadas en esa célula, se obtiene el numerador para el cálculo del DLE.

En cuanto al denominador, se trata de todas las horas de presencia de los trabajadores en la fábrica (todas las horas que se están pagando a los empleados en planta).

En definitiva, se podría decir que el DLE es la división entre las horas de producción netas (que producen bienes o productos) y las horas de producción totales.

4.4.3.2. 7 tipos de pérdidas:

Como se ha dicho, existen siete tipos de pérdidas o desperdicios, aunque se tiende a incluir un octavo. A continuación, se realizará una descripción de cada uno de estos tipos de desperdicios:

Stocks (exceso de inventario):

Se refiere al almacenamiento en exceso tanto de materia prima como de producto en proceso y producto terminado. Este exceso de material acumulado no añade valor al producto, por lo que hay que eliminarlo. Además, muchas veces puede ocultar problemas que existen en la empresa, ya que se utiliza el inventario para compensar o minimizar el impacto de las ineficiencias de los procesos.

Las causas de la acumulación de materiales y productos (stocks) pueden ser muchas:

- Haber planificado mal la producción.
- Tener una mala comunicación dentro de la empresa y con los proveedores.
- Intentar prevenir posibles faltas de material por problemas de los proveedores.
- Intentar cubrirse frente a un producto de mayor complejidad que pueda

ocasionar problemas.

- Tener una mentalidad de tener stock por lo que pueda pasar (“por si acaso”).

Los efectos negativos del stock son muchos. Por una parte, todo material o producto que se acumule en la empresa es dinero que se ha invertido y está parado, no generando ningún beneficio. Además, cuanto más material haya acumulado, se pueden bloquear pasillos y se ocupa más espacio (espacio que si no fuera por ese stock, podría usarse para otros fines). Por último, se corre el riesgo de acumular productos que queden obsoletos o puedan sufrir daños, y pueden quedar ocultos problemas de calidad durante más tiempo, ya que, al estar los productos parados, no se detectan dichos problemas.

Es muy difícil eliminar el stock en las empresas, porque siempre es necesario almacenar ciertos productos y tener un margen por los problemas que puedan surgir. Todavía no se ha encontrado la manera de trabajar sin stocks, pero sí que se tiene que tratar de reducir esos stocks al mínimo posible.

Esperas:

En el desperdicio denominado esperas, se incluyen las esperas por falta de material, esperas por falta de información necesaria para continuar con el proceso, esperas por máquinas que son más lentas que el operario, esperas por falta de herramientas, esperas producidas por averías, cuellos de botella en los procesos (generan una espera en el proceso, ya que al ir más lento que otra de las fases u operarios, generan esperas en ellos) etc. Todas estas esperas no añaden valor al producto, por lo que hay que tratar de eliminarlas.

Las esperas pueden ser causadas por muchas razones, como pueden ser retrasos en los suministros de materiales, cuellos de botella (ya sean máquinas u operarios), una mala planificación de la producción y/o de las compras o problemas de calidad en los procesos anteriores. Además, si no hay planificación del trabajo o el trabajo no está estandarizado, se pueden dar desequilibrios entre operarios que den lugar a esperas (los cuellos de botella ya nombrados). También la falta de operarios puede generar esperas, ya que no se podrá avanzar en el proceso si no está la persona que lo realiza.

Para eliminar las esperas, hay que tratar de estandarizar los trabajos a realizar para que sean repetitivos y su control sea más sencillo y, en el caso de que intervengan varios factores o fases, tratar de equilibrarlos lo mejor posible para que los ciclos de todos sean lo más similares posible.

Chatarras y recuperaciones (defectos):

Los defectos incluyen desde la repetición o corrección de los procesos hasta los productos no conformes que se generan en una empresa, parte de los cuales a veces se pueden recuperar mediante re-trabajos (en el caso de los tubos de escape, generalmente para defectos de soldadura). También son de importancia los productos que devuelve el cliente en este aspecto.

Todos estos defectos de producción y los errores cometidos en el servicio al cliente no

aportan valor al producto, sino que se lo restan, ya que, aparte del desperdicio generado, se consumen materiales y mano de obra que de no ser por el defecto generado no se consumirían. Además, se genera una insatisfacción y falta de confianza por parte del cliente que es difícil recuperar. Por este motivo, es importante tratar de prevenir que aparezcan defectos en vez de buscarlos y eliminarlos, así como reducir los defectos que se generan y, en la medida de lo posible, eliminarlos.

Las causas de los defectos pueden ser diversas. Los defectos pueden producirse por errores humanos, pero también por defectos debidos al proceso: que no exista automatización, que no haya *Poka Yokes*, que no se realice un control efectivo durante el proceso, que haya piezas equivocadas etc.

Para reducir los desperdicios generados por los defectos en los productos, es importante una buena planificación de la calidad y un buen mantenimiento y control de los parámetros importantes del proceso en máquinas y demás elementos por los que pase el producto.

Movimientos innecesarios:

Se consideran movimientos innecesarios todos aquellos que los operarios (o los equipos) realicen y no añadan valor al producto que se está fabricando. Entre estos movimientos innecesarios, se incluyen: girar, doblarse, caminar innecesariamente, alcanzar piezas lejanas, movimientos de cintura etc. Todos estos movimientos que no son necesarios producen un aumento del cansancio del operario que puede degenerar en una dolencia mayor, restando tiempo de valor añadido y reduciendo la productividad.

Muchos de estos movimientos inútiles se producen por una falta de estandarización del trabajo, ya que al no tener una pauta que seguir, el operario tiende a realizar las tareas en un orden diferente y con distintos movimientos. De esta manera, el proceso se hace de una manera menos eficaz; por ejemplo: si un operario no tiene un método establecido, puede ir dos veces al mismo sitio para coger componentes –realizando dos viajes- en vez de hacer sólo un viaje y coger los dos componentes al mismo tiempo.

Una mala distribución del *lay out* también genera muchos movimientos que en realidad no serían necesarios si la distribución fuera otra, así como también provocan movimientos innecesarios las faltas de orden, limpieza u organización, ya que entorpecen el trabajo.

Todos estos factores hacen que, además de generar cansancio en el operario como ya se ha comentado, no se añada valor al producto y se aumenten los tiempos de ciclo del mismo, reduciendo la productividad. Por eso, es importante tratar de mejorar esos aspectos para eliminar (o en su defecto, reducir) los movimientos innecesarios.

Transporte:

El transporte (comprendido como el movimiento de los materiales o productos desde una ubicación hasta otra) es una actividad que en sí misma no añade valor al producto, por lo

que ha de ser minimizado. Es importante que el transporte se realice de una manera correcta y con un recorrido eficiente tanto dentro de la empresa como en el exterior, ya que en el mismo se emplean equipos, combustible, mano de obra y se aumentan los plazos de entrega, con el coste que todo ello supone.

A todo ello hay que añadir que cada vez que se mueve un material, este puede ser dañado, por lo que hay que asegurar el producto para evitar que esto ocurra. Al igual que antes, esto supone un gasto extra en mano de obra y materiales.

Las causas de un transporte ineficiente pueden ir desde una mala distribución en planta (haciendo que haya que cambiar el modo de transporte durante el viaje, por ejemplo) hasta tener grandes lotes de producción con grandes lotes de suministro o materiales mal embalados.

Como se ha comentado antes, el transporte en sí mismo no aporta valor al producto, pero como es necesario y muchas veces no se puede eliminar, hay que tratar de reducirlo, diseñando rutas más eficientes para el transporte de materiales, productos y componentes.

Reglajes innecesarios (procesos innecesarios):

Los reglajes innecesarios son todos los procesos que incluyen operaciones sin valor añadido para el producto/cliente (por ejemplo: ajustes innecesarios o indefinidos o cambios de referencia largos). Se incluyen todos los procedimientos innecesarios a la hora de procesar los productos, la utilización de herramientas o equipos inadecuados para las tareas que se están realizando o todos los esfuerzos realizados para obtener un producto con una calidad superior a la que el cliente demanda.

Entre las causas de este tipo de pérdidas se pueden encontrar las siguientes: una mala comunicación, tener una mentalidad de hacer las cosas “por si acaso”, que los requerimientos del cliente no sean claros, aprobaciones o supervisiones innecesarias etc.

Realizar un trabajo extra sobre un producto es un desperdicio que hay que eliminar o reducir, y es uno de los más difíciles de detectar, ya que, muchas veces, el responsable del mismo no es consciente de que no está añadiendo valor al realizarlo. Para mejorar en ese aspecto, es necesario preguntarse por qué se necesita un proceso y por qué se produce un producto (por ejemplo, qué partes del proceso podrían ser eliminadas sin variar el resultado sobre el producto). Tras esa reflexión, es importante eliminar los procesos innecesarios o sustituirlos por un estándar con menos pérdidas.

Sobreproducción:

Se entiende por sobreproducción la acción de producir más de lo demandado o producir algo antes de que sea necesario (ya sea en el producto final o en líneas que abastecen a otras líneas). Se puede decir que la sobreproducción es el peor de todos los desperdicios, ya que provoca la aparición de todos los demás: como se ha producido de más, se tiene un stock que está ocupando un espacio necesario para otra operación, se producen transportes innecesarios de esos productos por la fábrica; se producen más productos y puede aparecer

más chatarra; se obliga a realizar más movimientos, por lo que se pueden producir muchos movimientos innecesarios etc.

Las causas de la sobreproducción pueden ser muchas, pero por nombrar algunas, éstas podrían ser: una mala planificación de la producción, un mal equilibrado entre procesos, dejar que las máquinas trabajen al máximo de su capacidad o tener una mentalidad de producir más de lo necesario “por si acaso”. Todas estas formas de actuar no suponen más que un claro desperdicio, ya que se utilizan recursos humanos, materiales y financieros que se podrían haber dedicado a cosas más necesarias. Además, un exceso de producción puede llevar a una mayor aparición de averías, producción de no conformes etc.

Por todo ello, es necesario evitar la sobreproducción. Para ello, es necesaria una buena planificación (tener un Plan de Producción, PdP), tener un buen sistema de alisado de la producción y un tablero de marcha y ajustarse a ellos, de manera que no se produzca más de lo que se necesita.

Desaprovechamiento del talento humano:

Aunque todavía muchas empresas no consideren el desaprovechamiento del talento humano como desperdicio, es necesario tenerlo en cuenta. Se entiende como desperdicio el desaprovechar el talento humano en el momento en el que no se ha capacitado a los empleados u operarios en los 7 desperdicios anteriores, de manera que se pierde la oportunidad de que ellos mismos sean capaces de obtener oportunidades de mejora o de aportar ideas. De esta manera, se aprovecha toda la inteligencia y creatividad de todos los agentes de la empresa para reducir desperdicios y obtener una mejora continua.

Por lo tanto, la reducción o eliminación de todos estos desperdicios permitirá una mejora de costes y un aumento de la competitividad de la empresa, lo cual permitirá, a su vez, una mayor flexibilidad y eficacia del proceso productivo. En general, se conseguirá una reducción de costes, un aumento de la productividad, una mejor organización del área de trabajo y una mayor motivación de los empleados.

4.4.4. 7 básicos de calidad:

La mejora de la calidad es uno de los principios básicos del sistema Lean.

Para alcanzar la calidad o sustentar la pirámide para alcanzar la calidad del producto, tenemos las siguientes herramientas: en la base estarían la asociación con unos buenos proveedores y el aprovechamiento y participación activa de los empleados. Otros pilares básicos serían las 5S-s, la reducción de la variabilidad y establecimiento del trabajo estandarizado. Pero para alcanzar la calidad total del producto, es indispensable conocer y aplicar los 7 básicos de calidad. Estos básicos de calidad son los siguientes:

1. Primera pieza OK
2. Auto inspección
3. Poka-Yoke
4. Cajas rojas

5. Retrabajos bajo control
6. Inspección final
7. QRCI



Fig 4.5 Esquema de los siete básicos de calidad en producción [1]

A continuación se dará una breve explicación sobre cada una de estas siete herramientas básicas para el control de la calidad del producto final:

1ª Pieza OK:

Es un control que se aplica al inicio de cada turno o al hacer el cambio de una referencia o modelo a otra referencia o modelo. Para ello, cuando se comienza la fabricación de un nuevo modelo o entra un nuevo turno que comienza a fabricar, se realizan una serie de mediciones y se controlan una serie de parámetros de la primera o primeras piezas fabricadas. La primera pieza OK es la primera de esas piezas verificadas que es correcta.

Esta pieza sirve para verificar que la fabricación está dentro de las tolerancias y parámetros establecidos e indica que el problema (si lo hubiera) ha sido solucionado y que a partir de ahí se puede iniciar la producción con normalidad.

Auto inspección:

Se refiere a la inspección de calidad realizada por el propio operario, por lo que es

necesario formar previamente al mismo en los tipos de defectos que puede aparecer en la pieza y cuándo esos defectos no son admisibles. Consiste en la habilidad del operario para discernir cuándo la pieza que está fabricando es correcta y cuándo no lo es.

Poka-Yoke:

Puede ser que, aun habiendo aplicado los dos controles anteriores, pueda haber fallos que no son detectados por el ojo del operario. Los Poka-Yoke-s son un sistema anti error que detecta los fallos que el operario no es capaz de detectar. Se podría decir que son unos dispositivos que se basan en la tendencia natural del ser humano a cometer errores.

Se trata de sensores o dispositivos que controlan distintos parámetros en la fabricación de una pieza, como por ejemplo, la posición de un tubo en un ensamblaje que se va a introducir en un robot de soldadura. De esta manera, si la posición del tubo no es la correcta, el dispositivo o Poka-Yoke entrará en acción y no dejará que la máquina arranque hasta que se coloque en la posición correcta. Así, se consigue detectar y eliminar los errores antes de que lleguen a convertirse en defectos.

Cajas rojas:

Son contenedores rojos que sirven para segregar las piezas no conformes de la línea de producción en cualquier proceso. De esta forma, las piezas que se ha detectado que son erróneas se separan del lugar de trabajo, evitando poder volver a cogerlas o manipularlas y que puedan llegar a cliente.

Retrabajos bajo control:

A veces, los defectos que se detectan en las piezas se pueden recuperar (principalmente los defectos de soldadura) por operarios especializados y bajo control. Los retrabajos se tratan de operaciones no sistemáticas y sin valor añadido pero que pueden servir para recuperar una pieza que si no se perdería.

Inspección final (quality wall):

Se trata de la última inspección de calidad que se realiza en la línea de producción antes de que el producto llegue al cliente.

Muchas veces, si se ha tenido algún problema de calidad con el cliente, sirve para verificar el producto fuera de la línea, y lo puede realizar una empresa externa.

QRCI:

Las siglas QRCI responden a las palabras *Quick Response Continuous Improvement*, lo que en castellano significa respuesta rápida para la mejora continua (también se conocía como metodología 8D).

Se usa para solucionar las no conformidades o cualquier otro tipo de problema mediante un análisis en profundidad del mismo: qué se ha hecho mal, por qué, cómo

mejorarlo etc. Consiste en aprender de los errores que se han cometido para no volver a caer en ellos y repetirlos.

4.4.5. Estandarización del trabajo:

La estandarización de las tareas supone uno de los cimientos principales del Lean Manufacturing y todas las técnicas se deben fundamentar sobre la misma. La estandarización debe aplicarse a todos los procesos de la empresa en los que exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información [2], pero en este trabajo sólo se estudiarán las referentes a los métodos de trabajo en las células de producción.

La estandarización del trabajo persigue la elaboración de instrucciones que muestren la mejor manera de realizar las operaciones o el trabajo mediante descripciones escritas y gráficas. Así, el trabajo estandarizado se establece como la referencia de cómo trabajar, siendo la forma más corta y óptima de hacerlo.

El trabajo estandarizado sirve para alcanzar y mantener un funcionamiento correcto de la producción en términos de seguridad, calidad y productividad, ya que establece el método de trabajo de acuerdo a una estructura predefinida y consistente, facilitando el mismo método de trabajo para todos los operarios. De esta manera, al establecer una forma de trabajo repetitiva en la que siempre se realiza lo mismo, es más fácil identificar desperdicios y establecer criterios de seguridad y calidad.

Por lo tanto, el trabajo estandarizado es una de las mejores herramientas para conseguir la mejora continua, ya que sirve para sacar a la luz los desperdicios, posibilitando así su eliminación, así como sirve para mantener altos niveles calidad y seguridad.

El proceso de establecimiento del trabajo estandarizado, así como su mejora, es un proceso que nunca acaba. Se trata de establecer un método de trabajo primero. Después, se forma a los operarios en dicho método de trabajo y se auditan las condiciones de trabajo, observando el trabajo en el taller y viendo qué mejoras se pueden realizar. Por último, se mejoran las deficiencias observadas y se vuelve a establecer un nuevo método de trabajo. Entonces, se vuelve a repetir todo el proceso, en un ciclo infinito.

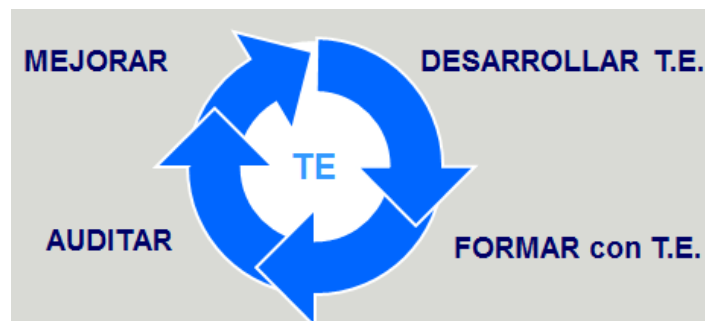


Fig 4.6 Proceso para el trabajo estandarizado (TE) [1]

La mejora continua es la repetición de ese ciclo (mejorar el estándar establecido, verificar el efecto de la mejora y estandarizar el nuevo método que ha demostrado su eficacia)

y ahí reside una de las claves del pensamiento lean: los estándares se crean para mejorarlos.

Uno de los mayores retos a la hora de establecer el trabajo estandarizado es estar seguro de haber identificado la mejor manera y más corta forma de hacer el trabajo. En este sentido, la experiencia muestra que la comparación entre las diferentes formas de hacer el trabajo es la mayor fuente de ideas y de oportunidades de mejora a la hora de establecer el método de trabajo estándar. Por lo tanto, es muy importante observar el trabajo realizado por los operarios en el taller y realizar una comparación entre los mismos para establecer cuál es la mejor manera de trabajar.

El trabajo estandarizado se recoge en tres documentos:

Tabla de combinación de tareas: en este documento se describe la mejor secuencia de trabajo desglosada en diferentes actividades o tareas elementales e incluyendo el tiempo o duración asignada a cada una de las mismas.

| faurecia | | TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT) | | | | FAU-F-PSG-5007 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|---|-------|----------------------|---|----------------|----------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|
| DESCRIPCIÓN: Canning D444 | | OPERARIO N°: 1 | | TAKT TIME: 90s | GAP Leader: | Supervisor: | Calidad: | | | | | | | | | | | | | | |
| REFERENCIA: 04L131703FK | | ANALIZADO POR | | CONFIG: 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NOMBRE OP: | | Revisión: 18/03/2015 | / / | / / | / / | | | | | | | | | | | | | | |
| N° | NOMBRE DE LA OPERACIÓN | TIEMPO (SEG.) | | | OPERATION TIME | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | MANU | AUTO | PASOS | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | | | |
| 1 | Coger mono de lector, pasar a soporte, coger pegatina CB, pegar en nuevo mono, cargar en lector y pulsar marcha. | 9,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Poner anillos a monolito en soporte. | 7,4 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Cargar mono+anillos y manta en robot y pulsar marcha. | 6,7 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Hacer línea a envoltorio, cargar envoltorio en embudidora, descargar pieza embudida y pulsar marcha. | 7,1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Cargar pieza en sizing machine, descargar y pulsar marcha. | 1,8 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Descargar pieza leída de lector a soporte, cargar nueva pieza y pulsar marcha. | 3,3 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Descargar pieza de prensa a soporte, cargar nueva pieza y pulsar marcha. | 5 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Cargar pieza de soporte a marcadora, coger la marcada y pulsar marcha. | 2,8 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Comprobar pieza visualmente, llevar pieza marcada a carro y quitar pegatina con raspador (si la hubiera). | 2,5 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_1 | | 45,9 | | 17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAREAS PERIÓDICAS | | (sec) | FREQ. | PESO (***) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | Cambiar caja de marías | 15 | 32 | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | Cambiar caja de anillos | 15 | 200 | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Cambiar caja de monolitos+rasparlos | 20 | 6 | 3,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | Rellenar DCS | 120 | 180 | 0,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Poner cartón en el carro de producto terminado | 7 | 20 | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | Sacar carro lleno y meter carro vacío | 60 | 80 | 0,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_2 | | 5,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2) | | 68,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PIEZAS POR HORA | | 52,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COMENTARIOS: | | | | | Se contempla que en las operaciones 7 y 8 consistentes en la descarga de la pieza de la prensa a la marcadora y luego de la marcadora al carro, unas veces se hace desde la marcadora más cercana y otras desde la marcadora más lejana. Por eso, se toma una media. Hay dos marcadoras en la línea, por lo que su tiempo máquina no interfiere en el ciclo. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SYMBOLS: - | | | | | MANUAL: ———— AUTO: - - - - WALK: ~~~~~ ESPERA: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | FAU-F-PSG-5007 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fig 4.7 Ejemplo de Tabla de Combinación de Tareas [1]

Esquema de tareas estándar: se trata de un documento en el cual se visualiza la secuencia de movimientos del operario (con pieza y sin pieza) sobre una foto de la distribución de la célula de trabajo.

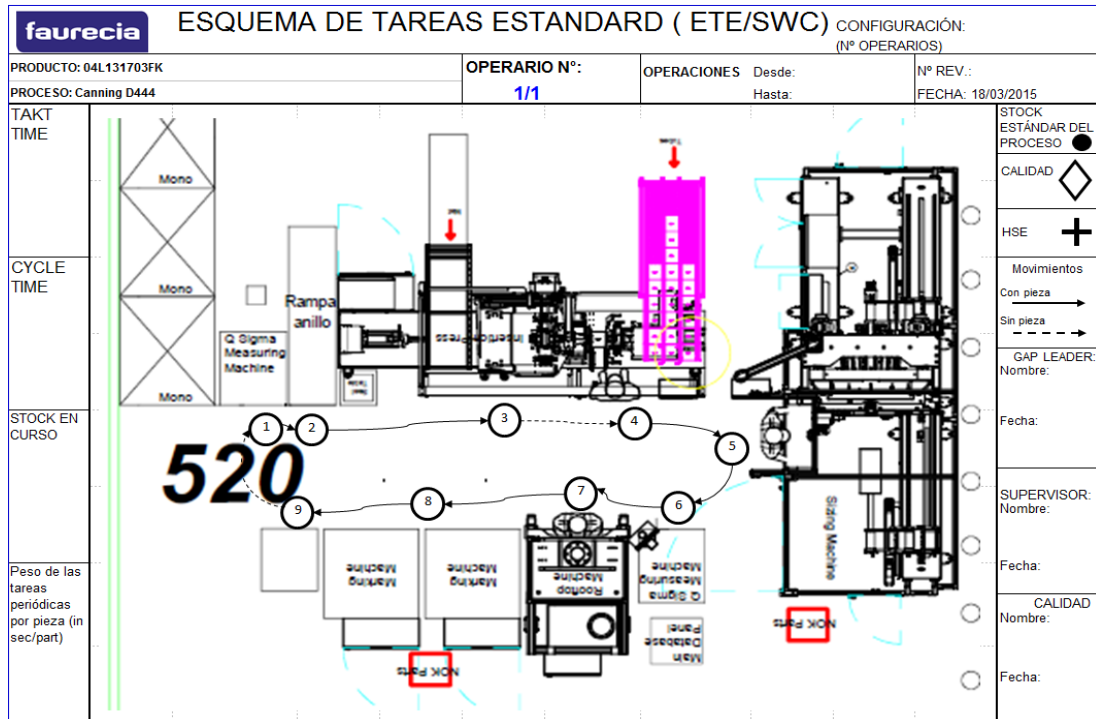


Fig 4.8 Ejemplo de Tabla de Combinación de Tareas [1]

Instrucción de trabajo: se trata de un documento en el que se explica detalladamente qué hacer y cómo hacerlo en cada una de las tareas elementales: qué movimientos, en qué posición, en qué secuencia etc. Para ello, aparte de la descripción de las acciones, se emplean explicaciones visuales de las acciones, apoyándose en fotos de los movimientos (las cuales ocupan más del 50% del espacio del documento).

| INSTRUCTION STANDARD DE TRAVAIL | | Schémas / Photos | |
|--|--|------------------|--|
| <p>Fiche 6015: Mettre la poignée rouge</p> <p>Prendre une poignée rouge dans le dynamique (photo 1) puis la positionner face au mécanisme arrière de l'armature et l'enclencher sur le bord du mécanisme (photo 2) finir le clippage à l'aide du maillet (photo 3), contrôler la bonne tenue de la poignée en tirant (photo 4) et relever l'armature avec la poignée (photo 5)</p> <p>Autocontrôle : S'assurer de la bonne tenue de la poignée (impossibilité de la retirer à la main) Vérification du sens de montage Vérification visuelle d'absence de blanchiment selon la règle : Bible des défauts</p> <p>Règle de réaction : En cas de mauvaise tenue / inversion du sens de la poignée / blanchiment: mettre une étiquette refusée à l'endroit du défaut (photo 6)</p> | | | |

Fig 4.9 Ejemplo de Instrucción de Trabajo [1]

En el caso de un Hoshin se completan los dos primeros documentos: el esquema de tareas estándar y la tabla de combinación de tareas; por lo tanto, se hará una explicación más detallada de los mismos más adelante, a la hora de explicar qué es un Hoshin.

4.4.6. Flexibilidad y polivalencia de los operarios:

Trabajar en condiciones Just In Time requiere adaptarse a fluctuaciones en la demanda del cliente. Además, en las líneas de producción de la industria automovilística, se fabrica una gran cantidad de modelos, por lo que se emplean líneas que fabrican más de un modelo. Cada uno de esos modelos podrá sufrir una variación de demanda.

Por ejemplo, si en una fábrica de producción de coches se fabrican dos modelos A y B, puede que la demanda de A suba y la de B baje al mismo tiempo. Por lo tanto, la carga de trabajo en cada línea y cada modelo se tiene que evaluar y cambiar periódicamente. Del mismo modo, si la demanda de A sube y la de B baja, parte de los trabajadores del modelo B tendrán que pasar a fabricar el A, facilitando así que se pueda adaptar al cambio de demanda con el mínimo de operarios, de la manera más eficiente.

También puede ocurrir que la demanda baje debido a una época de crisis en la sociedad o en el sector. En ese caso, también se tendrá que trabajar con el mínimo de operarios posible para hacer el proceso más eficiente, por lo que se tendrá que prescindir de operarios temporales.

La flexibilidad en cuanto al número de operarios es conocida como *Shojinka* y consiste en alterar (incrementar o disminuir) el número de operarios en una línea de producción según la demanda del producto por parte del cliente crezca o decrezca. Por lo tanto, mediante *Shojinka* se consigue incrementar la productividad ajustando y reorganizando los recursos humanos. Esto requiere que los operarios sean capaces de responder a cambios en el tiempo ciclo, métodos de trabajos etc. Una línea flexible es, esencialmente, una línea que consigue el *Shojinka* [2].

Para alcanzar la flexibilidad tres factores son clave [2]:

1. Un diseño adecuado del lay out de la célula.
2. Tener trabajadores formados y versátiles (operarios multi-funcionales).
3. Evaluaciones continuas y revisiones periódicas de los estándares de trabajo.

El lay out adecuado es aquel que facilita el trabajo y reduce desperdicios, y se analizará en el punto siguiente.

En cuanto al segundo, se consigue que los operarios sean multifuncionales o polivalentes mediante un sistema de rotación. De esta manera, los operarios van rotando por los diferentes puestos de trabajo (en los que los operarios y gap líderes de la línea le enseñan cómo realizar el trabajo), conociéndolos todos y realizando el método o proceso que corresponde a cada puesto. Después de un tiempo, el operario desarrolla las capacidades idóneas en cada puesto y se convierte en un operario multifuncional, pudiendo realizar diferentes tareas y facilitando la flexibilidad que se requiere para responder a las variaciones

de demanda por parte del cliente. Además, mediante la rotación de puesto se consiguen diversas ventajas: se reduce la fatiga, se refrescan las aptitudes, debido al contacto con el operario que le enseña, se favorecen y mejoran las relaciones entre los operarios, se consigue un mayor respeto hacia los demás etc.

Por último, el tercer punto se consigue mediante procesos de mejora continua como el que se estudiará en este trabajo.

4.4.7. Disposición del lay out (tipos de líneas):

Las palabras *lay out* se refieren a la distribución en planta de las máquinas y demás elementos en el puesto de trabajo. Como se ha comentado, el lay out adecuado es aquel que facilita el trabajo y la fabricación pieza a pieza, reduce desperdicios y mantiene los niveles requeridos de seguridad, calidad y productividad. En ese sentido, se recomiendan dos tipos de lay out: el lay out en forma de U y el lay out en forma de I o de línea recta. Por el contrario, se deben evitar lay out-s en los que un operario queda aislado.

El **lay out en U** es el más recomendable y presenta, entre otras, las siguientes ventajas y desventajas:

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de ayuda mutua entre operarios. • Comunicación más fácil. • Más soluciones de equilibrado. • Uso de pequeños contenedores (más manejables). • Mayor reactividad cuando surgen problemas de calidad. • Menores movimientos. | <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades de mantenimiento. • Menores posibilidades de movimiento para el personal. • Requiere un pasillo alrededor. • Más dificultad para identificar el flujo. • Puede que no tenga salida (precaución en caso de amenaza de seguridad). |

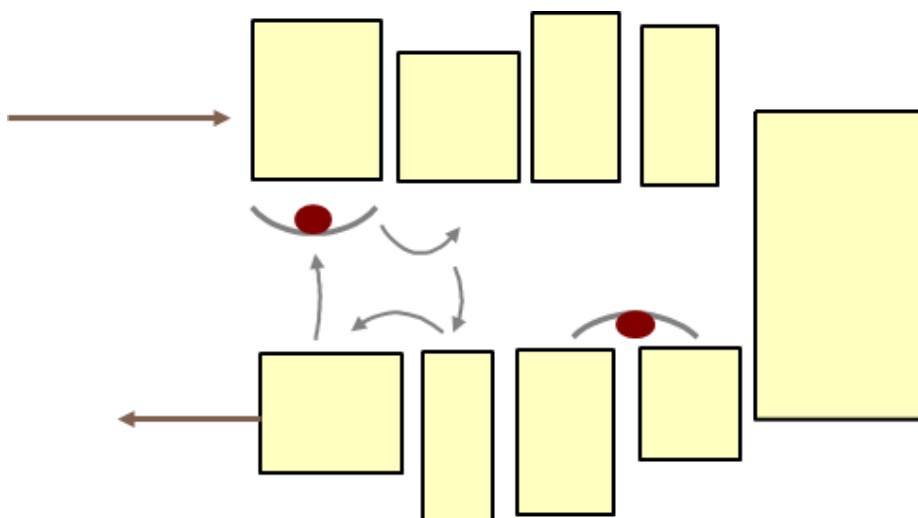


Fig 4.10 Lay out en U [1]

En cuanto al **lay out en I o en línea**, presenta las siguientes ventajas y desventajas:

| Ventajas | Desventajas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento más fácil. • Flujo más claro (separación entre entrada y salida). • Mejor adaptación para piezas voluminosas. • Mejor estética y aspectos riguroso (5S). | <ul style="list-style-type: none"> • Camino más largo (se realiza un retorno en vacío). • Línea más larga. • Posibilidades de equilibrado reducidas. • Para máquinas grandes, se aumentan los movimientos a realizar. • Reactividad lenta para problemas de calidad. |

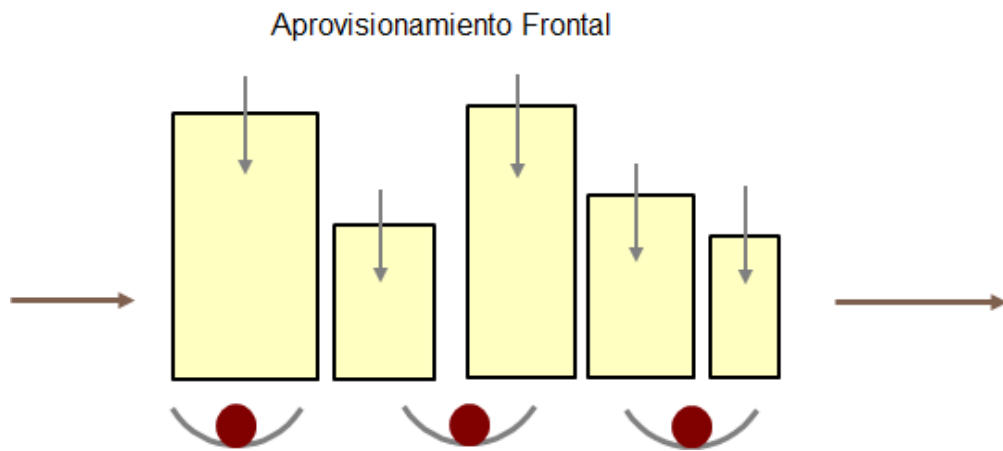


Fig 4.11 Lay out en I [1]

4.4.8. SMED:

Las siglas SMED significan en inglés Single Minute Exchange of Dies; es decir, realizar el cambio de utillajes en un tiempo que no tenga más de 1 dígito (en menos de 10 minutos). Se trata de uno de los pilares fundamentales del Lean Manufacturing, y es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de una máquina o cambios de utillajes para pasar de la producción de una referencia a la producción de otra.

Para lograr la reducción de tiempo de preparación de la máquina, en primer lugar hay que estudiar detalladamente el proceso e incorporar cambios radicales en la máquina, utillajes, herramientas e incluso el propio producto. Esos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos como plantillas o anclajes funcionales [5].

Cuando los tiempos de cambios o preparación de máquina son altos, el tiempo que pasa desde que se deja de fabricar una referencia hasta que se fabrica la siguiente es muy elevado y esto limita el número de cambios de referencia que se pueden realizar. Sin embargo, cuando el tiempo es más corto, se pueden realizar más cambios de referencia, pudiendo producir todas las referencias de una línea y una mayor cantidad. Por eso, es importante

reducir los tiempos de preparación de las máquinas.

Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de técnicas y útiles. Además, se reducen los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones [5].

4.4.9. 5S:

Al igual que la estandarización del trabajo o la reducción de tiempos de preparación de las máquinas, las 5S-s suponen uno de los pilares básicos del Lean Manufacturing. La herramienta denominada 5S trata de aplicar sistemáticamente el orden y la limpieza en el puesto de trabajo. Se denomina 5S debido a que las iniciales de las 5 palabras que definen la herramienta en japonés empiezan con S: Seiri (eliminar lo innecesario), Seiton (ordenar), Seiso (limpiar e inspeccionar), Seiketsu (identificación visual, estandarizar) y Shitsuke (respetar).

Con esta herramienta se persigue evitar aspectos como: que las instalaciones estén sucias, desordenadas; que haya elementos rotos en los puestos; que el número de averías sea elevado; desinterés de los empleados por su área de trabajo; falta de espacio etc. Además, se trata de una metodología fácil de entender y no requiere ni de un conocimiento particular ni de elevadas inversiones para su puesta en marcha.

Su implantación se realiza en 5 fases: en primer lugar, se distingue entre los elementos que son necesarios los que no, eliminando los que no lo son. En segundo lugar, se establece el orden o lugar de las cosas (“un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”). En tercer lugar, se establece el método de limpieza, el cual no consiste en limpiar más, sino en ensuciar menos, en evitar que se ensucie. En cuarto lugar, se estandarizan las tareas, de manera de que siempre se realicen del mismo modo. Por último, en quinto lugar, se tiene que respetar todo lo anterior y crear el hábito de hacerlo de ese modo gracias a la autodisciplina.

4.4.10. Otras técnicas:

En los puntos anteriores se han explicado las técnicas fundamentales necesarias desde el punto de vista teórico para la realización de un Hoshin, pero existen muchas más técnicas dentro del Lean Manufacturing. A continuación, se describirán brevemente parte de esas técnicas:

TPM: el Mantenimiento Productivo Total (Total Productive Maintenance) emplea una serie de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea es que cuanto en mejor estado de conservación se encuentren las máquinas y activos productivos, mejor será la productividad y habrá menos fallos. Para ello es necesaria la implicación de todos, desde directores hasta operarios.

Para conseguirlo, se llevan a cabo acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones. De esta manera, se consigue maximizar la eficacia del equipo, reduciéndose significativamente las paradas por fallos.

El Mantenimiento Productivo Total trata de concienciar sobre el equipo y el automantenimiento. Por lo tanto, es necesario que los operarios adquieran habilidades para descubrir anomalías, solucionarlas y hacer que perduren en el tiempo.

Control visual: se trata de un sistema de control y comunicación visual que busca facilitar a todos los empleados el conocimiento del estado del sistema y del avance de las acciones de mejora. Persiguen plasmar la situación del sistema productivo centrándose en las anomalías y despilfarros de forma sencilla y evidente. Se incluirían cualquier tipo de tableros con gestión visual o técnicas de comunicación visual para mantener informado al personal, marcas sobre el suelo, información e instrucciones, indicadores de productividad, hojas de instrucciones etc. Una de sus mayores ventajas es la rápida captación de sus mensajes y su facilidad para difundir la información.

Jidoka: se trata de una técnica basada en la incorporación de sistemas y dispositivos que son capaces de detectar si se están produciendo errores en las máquinas. Posibilitan que si existe una anomalía durante el proceso, éste se detendrá (automáticamente o manualmente por el operario), evitando que las piezas defectuosas sigan adelante. Así, máquinas y operarios se convierten en inspectores de calidad.

Sistemas de participación del personal: son sistemas que dan al personal la oportunidad de expresar sus ideas en relación a las actividades que se realizan en la empresa. Para ello, se realizan actividades que permiten canalizar efectivamente todas las iniciativas que puedan incrementar la competitividad de la empresa, mediante la identificación de problemas o de oportunidades de mejora para implantar acciones que ayuden a resolverlos. Así, se trata de una pieza fundamental para el proceso de mejora continua.

Medida de resultados a través de indicadores: los indicadores o KPIs (Key Performance Indicators) sirven para saber cómo se está progresando en un aspecto concreto de la empresa, para monitorizar el avance y el éxito de las implantaciones realizadas. La idea es que lo que no se mide no mejora y, por lo tanto, empeora; es decir, sin medición o indicador no hay mejora posible. Los indicadores facilitan medidas concretas y deben ser fáciles de entender. Con ellos, se realiza un seguimiento continuo de ciertas actividades de la empresa que indican el estado de la misma, y mediante controles visuales y representaciones gráficas de los mismos, se puede ver de un solo vistazo que actividades necesitan una mejora antes de que el error vaya a más. Así, gracias a los indicadores, se puede detectar un problema y actuar sobre el antes de que vaya a más.

5. Hoshin como herramienta

Dada la gran competencia mundial existente en el sector del automóvil, es necesaria una reducción de precios al mismo tiempo que se mantiene la calidad. Eso sólo será posible si se consigue mejorar la productividad de la empresa y del producto que se vende. Ahí es donde entra en juego el Hoshin, ya que permite un análisis que posibilita establecer mejoras que ayuden a aumentar la productividad manteniendo la calidad y la seguridad de los procesos.

Hoshin es una palabra de origen japonés que significa brújula. Por eso, es la palabra que ha escogido Faurecia para denominar los talleres de mejora continua sobre las células de producción ya que, en cierta manera, marca el rumbo para alcanzar las condiciones del sistema Just In Time.

Un Hoshin es una actividad de mejora continua en una célula de producción en la que participan los operarios de la misma, los *gap* líderes, supervisores, el equipo del FES, el departamento de seguridad y técnicos de ingeniería, calidad y logística. En el mismo se llevan a cabo observaciones y mediciones del funcionamiento de la célula, se analizan los desperdicios que se producen y se analizan distintas posibilidades de mejora dirigidas a reducir esos desperdicios.

La implicación de los operarios es fundamental para obtener el éxito del Hoshin, ya que son ellos quienes están en contacto directo con los procesos que se llevan a cabo en la línea y pueden aportar un punto de vista más cercano a los problemas, así como buenas ideas para solucionarlos. Además, gracias al diálogo entre los diferentes integrantes de la empresa se establece un proceso de aprendizaje común y compartido entre todos a partir de la experiencia y conocimiento de los operarios. Por otra parte, cuando el trabajador u operario tiene la oportunidad de participar y contribuir en la resolución de problemas, recibiendo reconocimiento por ello, su motivación aumenta y su actitud hacia el trabajo es más positiva. Mediante la participación también se consigue que los operarios acepten de mejor manera los cambios implantados en los procesos, ya que ellos mismos han participado en la elaboración de los cambios y han podido observar todo el proceso que lleva a la toma de esas decisiones.

En definitiva, realizar un Hoshin significa buscar soluciones simples y de aplicación inmediata en el terreno o lugar de trabajo con todos los implicados, así como organizar las líneas de producción con los siguientes **objetivos**:

- Mejorar la seguridad y la calidad de los procesos.
- Reducir la variabilidad (eliminar desperdicios).
- Realizar un equilibrado de la línea.
- Asegurar el trabajo al Takt Time (TT) y adaptar el número de operarios según ese Takt Time.
- Cambiar el tamaño de la línea para que sea más adaptable a la demanda del cliente y mejorar su productividad.
- Mejorar el aprovisionamiento de materiales.
- Mejorar los flujos y el trabajo estandarizado.

- Mejorar el flujo de piezas no conformes (recuperaciones fuera de línea).

Por último, como toda acción de mejora, un Hoshin conduce al progreso de la línea a través de una sucesión de acciones. Esas acciones comenzarán con un cambio rápido y se dilatarán en el tiempo indefinidamente. Un Hoshin nunca está terminado.

5.1. Pilares del Hoshin:

Los pilares del Hoshin son 4, los cuales son básicos del Lean Manufacturing:

1. Producir sólo la demanda del cliente; es decir, fabricar según el Takt Time. El objetivo siempre será tratar de equilibrar los procesos para que el tiempo ciclo de la línea (la suma de la duración de todas las acciones que realiza un operario para fabricar una pieza, marcado por el operario más lento o cuello de botella) sea inferior al Takt Time. Si no es posible alcanzar el Takt Time (por ejemplo, si se tiene un robot que vaya más lento), se buscará siempre acercarse lo máximo posible manteniendo un buen equilibrio entre todos los puestos de trabajo de la línea.
2. Eliminar todas las fuentes de pérdidas. Como ya se ha analizado, las fuentes de pérdidas son: transporte, reglajes innecesarios, stocks, esperas, rechazos y recuperaciones, movimientos inútiles y sobreproducción. Eliminando todo tipo de pérdida el proceso se hace de manera más eficaz y con un menor coste, incrementando la proporción de valor añadido.
3. Mejora continua orientada. En reunión con la gente que conoce los procesos y decidiendo en común pequeñas mejoras que se pueden aplicar inmediatamente, se consigue una evolución o mejora en el tiempo que lleva a una mayor eficiencia de los procesos, manteniendo siempre los niveles de calidad y seguridad.
4. Organizar y estandarizar las tareas que se llevan a cabo en los puestos de trabajo. Al estandarizar una tarea, se establece una metodología de trabajo que será igual para todos los empleados que la realicen. De esta manera, se pueden garantizar los niveles tanto de seguridad como de calidad en la fabricación, además de poder realizar un control más sencillo de las actividades, siendo más fácil detectar fallos y desperdicios.

5.2. Estructura del Hoshin:

Existen tres niveles de actividad en función del Hoshin que se vaya a realizar en una línea. En función del Hoshin que se realice, la estructura del mismo será una u otra.

En cuanto a los tipos o niveles de Hoshines que se pueden realizar, el primero sería una inspección rápida de los procesos que se realizan en la línea por el departamento del FES sin contar con los demás implicados. Consistiría en observar el proceso y tomar tiempos de las

acciones para obtener el tiempo ciclo y poder determinar las piezas por hora que saldrían de la línea, así como tratar de mejorar los procesos una vez se ha observado su funcionamiento. Se trataría de una acción de estudio y seguimiento de los métodos de trabajo en una línea.

El segundo tipo de Hoshin sería aquel en el que se cuenta con todos los implicados en la línea cuando los problemas que se quiere solucionar tienen un grado de dificultad mayor, como pueden ser: no hay un método establecido, se producen grandes desequilibrios entre los operarios, no se alcanza el objetivo de producción para satisfacer la demanda de cliente etc.

En el caso del tercer nivel, sería similar al caso anterior, contando con todos los implicados en la línea, pero teniendo que enfrentarse a problemas mayores. Por ejemplo: es necesario reorganizar todas las tareas entre los operarios y mover las máquinas de posición, hay que realizar un re-lay out de toda la célula, se va a incluir una máquina nueva en la línea y es necesario establecer un nuevo método de trabajo etc.

El caso más común es el segundo, en el que se intentan corregir o establecer los métodos de trabajo y se trata de eliminar todas las fuentes de pérdidas en la línea. En ese caso, la metodología general que se sigue (que no tiene por qué ser siempre así) es la siguiente:

1. Se convoca el Hoshin a través de los diferentes medios de comunicación de la empresa.
2. Llegado el día de la convocatoria, todos los participantes se reúnen en una sala y se realiza una presentación del equipo en primer lugar.
3. A continuación, se hace una introducción de los conceptos del Hoshin a todos los participantes: se recuerdan los siete tipos de desperdicios, el cálculo del Takt Time etc.
4. Se analiza la situación inicial de la línea de estudio en la sala, poniendo especial atención a los temas de seguridad y calidad.
5. Se observa el funcionamiento de la línea en el taller detectando desperdicios, y se realizan mediciones o cronometrajes del tiempo ciclo del producto en el taller.
6. Una vez observada la actividad en el taller, se vuelve a la sala y se analizan los resultados obtenidos, así como las oportunidades de mejoras observadas que se pueden realizar. Se propone un nuevo equilibrio.
7. Se implantan las mejoras inmediatas y se pasa a trabajar según el nuevo equilibrio después de habérselo explicado a los operarios.
8. Si se han propuesto cambios de lay out, se realizan con una empresa externa el fin de semana.
9. Una vez implantadas las mejoras más inmediatas, se procede al análisis del estado actual después de implantar las mejoras: auditoría de seguridad, elaboración de la documentación de trabajo estandarizado según los cambios implantados etc.

Generalmente, con todo el proceso, se llega a completar los documentos de trabajo

estandarizado, los cuales se colocan en la línea para que estén siempre accesibles a los operarios y puedan consultarlos siempre que tengan dudas (sobre todo al principio).

5.3. Herramientas empleadas:

5.3.1. Observación de la actividad en taller:

La principal herramienta con la que se cuenta a la hora de realizar un Hoshin es la observación de la actividad en el taller. Para realizar un análisis correcto de la línea, la observación del funcionamiento de la misma en el taller es fundamental, ya que así se podrán detectar los fallos y variabilidades de manera más clara, sin la interferencia que supone tener que realizar otra tarea al mismo tiempo.

La observación se realiza antes de realizar cualquier medición, de manera independiente. Se dedica un cierto tiempo a ver cómo funcionan las cosas y a entender el proceso. La observación es la principal fuente de ideas y sirve para determinar cuáles serán los puntos más importantes a la hora de realizar un análisis posterior (de tiempos o de cualquier otro tipo).

Una vez observado todo el proceso y haber obtenido una idea general del mismo, se pasa a tomar el tiempo de las acciones que realiza el operario o, lo que es lo mismo, obtener el tiempo de ciclo del producto.

5.3.2. Hojas de medida de tiempos:

Después de observar el ciclo en el taller, se procede a la toma de tiempos de cada actividad y del tiempo ciclo en el taller.

Las hojas de toma de tiempos se emplean para la medida del tiempo ciclo del producto en el taller. En el taller, se toman los datos en una hoja de papel y luego se pasan a una hoja Excel. En esa hoja Excel, introduciendo los datos (tiempos medidos), se calculan los tiempos ciclo, las medias de tiempo de cada actividad, máximos, mínimos y varianzas.

faurecia **MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)**

PRODUCTO: _____ OPERARIO N°: _____ CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): _____
 PROCESO: _____ ANALIZADO POR: _____
 FECHA: _____ HORA: **1** NOMBRE DEL OPERARIO: _____

| N° | TAREAS ELEMENTALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Aver. | Min | Max | V % |
|-------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-----|-----|-----|
| 1 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO CICLO (CT) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CT SIN ESPERAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

MP: Measuring Point Data for cycle time observation. Average cycle time: _____ Variance (%) V = ((M-m)/m) x 100

1. En primer lugar, después de haber observado y comprendido el ciclo, se apuntan en la hoja de toma de tiempos la referencia del producto (producto:), la configuración de operarios (configuración, nº de operarios:), el puesto u operario que se está analizando (operario nº:), la fecha (fecha:) y el nombre del operario (nombre del operario:). Opcionalmente, también se pueden apuntar el proceso, el turno en el que se han tomado los tiempos (hora:) y el nombre de la persona o personas que lo han analizado.

2. A la hora de tomar tiempos, es necesario dividir el ciclo en diferentes actividades. Esas actividades (acciones representativas del ciclo) tendrán un principio y un final determinado por los diferentes puntos de medida.

Los puntos de medida (PM) son las señales que sirven para determinar cómo se separan las acciones o tareas elementales. Los puntos de medida tienen que ser señales claras (por ejemplo: pulsar marcha de un robot, señales acústicas, coger un componente etc.), evitando señales que puedan ser ambiguas (por ejemplo: el momento en que el operario comienza a andar, acercarse a un lugar etc.).

En cada casilla o actividad (1, 2, 3...), en la celda de arriba, se apuntan los puntos de medida después de las letras PM y, en la celda de abajo, se apunta brevemente la acción que transcurre desde ese punto de medida hasta el siguiente.

3. Una vez definidos todos los puntos de medida, se procede a la toma de tiempos. Para ello, se emplea un cronómetro y se apuntan las mediciones que se realizan en la hoja. El cronómetro se pulsa cada vez que se realiza la acción definida en el punto de medida. Así, se van apuntando los tiempos obtenidos en la hoja para diferentes ciclos. El estándar de la empresa dice que se deben tomar los tiempos de 20 ciclos completos, aunque en el caso de ciclos muy largos (más de dos minutos), se suelen tomar menos (10-15).

4. En esta parte de la hoja, el Excel te da los promedios, máximos, mínimos y varianzas del conjunto de medidas tomadas para cada una de las actividades.

5. Donde pone tiempo ciclo, se realiza la suma de todos los tiempos de las actividades para obtener el tiempo ciclo en cada ciclo medido. En el caso de que se trate de un ciclo en el que hay un robot y el operario realiza las operaciones más rápido que el robot (por lo que espera al mismo), en la fila de abajo se calcula el tiempo ciclo sin esperas (restando las esperas al tiempo ciclo).

En la parte de la derecha, se sacan el promedio de todos los ciclos, el tiempo ciclo máximo y el tiempo ciclo mínimo.

6. Si hubiese habido anomalías o hubiese comentarios de los operarios, se apuntarían ahí.

La toma de tiempos sirve para determinar la duración de las actividades y ciclo estándar. Para obtener esa duración o esos tiempos según el estándar de Faurecia, se escoge el ciclo en el cual se da el tiempo mínimo repetitivo. Para determinar ese mínimo repetitivo, hay que descartar el ciclo que tiene el tiempo más bajo, ya que puede deberse a un funcionamiento excepcional o anormal. Una vez eliminado el ciclo más corto, se observa cual es el siguiente ciclo que es repetitivo (el ciclo que tiene unas duraciones similares en varios ciclos medidos). Este proceso sirve tanto para ciclos en los que sólo se realizan actividades manuales como para ciclos en los que el operario es más lento que el robot.

En el caso de trabajar en un puesto en el que el cuello de botella es el robot y el operario tiene esperas, la forma de escoger el ciclo estándar es la misma que en el caso anterior, sólo que en este caso se debe escoger el mínimo repetitivo de los tiempos ciclo sin esperas (en el 5, la última fila). Una vez escogido el estándar, las esperas se ajustarán para completar con el resto del ciclo escogido el tiempo que le cuesta al robot realizar la operación (por lo que también es necesario medir el tiempo robot).

5.3.3. Tabla de Combinación de Tareas:

En este documento se describe la mejor secuencia de trabajo desglosada en las diferentes actividades o tareas elementales e incluyendo el tiempo o duración asignada a cada una de las mismas. Esta duración de cada una de las tareas es la que se obtiene del ciclo mínimo repetitivo y cada una de las tareas elementales serán las correspondientes a las acciones que se dan entre un punto de medida y otro.

| faurecia | | TABLA DE COMBINACIÓN DE TAREAS (TCT/WCT) | | | | FAU-F-PSG-5007 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|---|------------|---|--------------|----------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| DESCRIPCIÓN: | | OPERARIO N°: | TAKT TIME: | GAP Leader: | Supervisor: | Calidad: | | | | | | | | | | | | |
| REFERENCIA: | | ANALIZADO POR: | CONFIG: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NOMBRE OP.: | Plombón: | / / | / / | / / | | | | | | | | | | | | |
| | | | FECHA: | / / | / / | / / | | | | | | | | | | | | |
| Nº | NOMBRE DE LA OPERACIÓN | TIEMPO (SEG) | | OPERATION TIME | | | | | | | | | | | | | | |
| | | MANU | AUTO | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_1 | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAREAS PERIÓDICAS | | (sec) | FREQ. | PESO (sec) | COMENTARIOS: | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_2 | | 0,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2) | | 0,0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PIEZAS POR HORA | | #/DIV/0! | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | SYMBOLS: - MANUAL: AUTO: WALK: ESPERA: | | | | | | | | | | | | | | |

1. Lo primero que se rellena es la parte superior de la hoja: referencia, descripción del proceso, el operario que realiza las tareas (el número o puesto del operario), la o las personas que han realizado el análisis, el nombre del operario, el Takt Time de la línea, la configuración de operarios, la fecha y los nombres del Gap Líder, supervisor y técnico de calidad de la línea.

2. En este apartado, se describe cada una de las acciones que conforman el proceso y de las cuales se han tomado tiempos en la hoja de medida de tiempos.

3. En la columna "MANU" se apuntan los tiempos correspondientes a cada acción para el ciclo mínimo repetitivo. En la columna "PASOS" se apuntan los pasos que da el operario para desplazarse de una acción a otra (no los pasos que realiza en la acción). A cada paso se le asigna un segundo (1 paso = 1 segundo). Como generalmente los pasos se incluyen dentro de las acciones que se cronometran, los segundos correspondientes a los pasos se restan del tiempo total de la acción anterior (que incluirá la acción o tarea anterior más el desplazamiento a la segunda tarea). En la columna "AUTO" se incluyen los tiempos de las

máquinas que maneja el operario (generalmente cuando son relevantes).

La suma total de los pasos y de las acciones se realiza en el Excel y aparece en total_1.

4. En esta parte se incluyen las tareas periódicas o frecuentes que el operario realiza en el puesto. Los frecuentes son tareas que no entran dentro del ciclo normal del operario pero que cada cierto tiempo se repiten e impactan en el ciclo de una pieza: cambiar las cajas de materiales, rellenar hojas de calidad, cambiar el contenedor de producto terminado etc. Esos frecuentes también se miden en el taller, y dividiéndolos por la frecuencia con la que se realizan (cada cuantas piezas), se obtiene el impacto de cada uno de ellos en el ciclo puro de fabricación de una pieza (duración entre frecuencia). Ese cálculo se realiza automáticamente en el Excel (total_2), previa introducción de la duración y frecuencia de cada uno de ellos.

5. Mediante los símbolos que aparecen en el toolbox, se realiza una representación del ciclo en el papel con las duraciones de cada acción, los pasos que hay de una acción a otra y las esperas.

La barra azul determina el tiempo que cuesta realizar el ciclo puro; es decir, la suma de las duraciones de cada tarea elemental y los pasos.

La barra verde determina la duración total del ciclo de una pieza, incluyendo el impacto de todos los frecuentes en el ciclo de una pieza (la suma del ciclo puro más los frecuentes, total_1 + total_2 ó total por pieza).

La barra roja indica el Takt Time; es decir, tiempo máximo que debiera tener el ciclo para llegar a satisfacer la demanda del cliente.

6. Si hubiera alguna observación o comentario se escribiría ahí.

Como se puede ver, el Excel también calcula el total de piezas por hora a partir de la duración total del ciclo (incluidos frecuentes).

La Tabla de Combinación de Tareas es un documento de trabajo estandarizado y es el que se toma como referencia a la hora de realizar la secuencia de trabajo en la línea, por lo que se sitúa en la misma para su consulta por parte de los operarios.

5.3.4. Esquema de Tareas Estándar:

Se trata de un documento en el cual se visualiza la secuencia de movimientos del operario (con pieza y sin pieza) sobre una foto de la distribución de la célula de trabajo. Sirve para ver de un simple vistazo el ciclo o desplazamientos que sigue el operario.

| faurecia | | ESQUEMA DE TAREAS ESTANDAR (ETE/SWC) | | CONFIGURACIÓN: (Nº OPERARIOS) | | |
|--|----------|---|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| PRODUCTO: | 1 | OPERARIO N°: | | OPERACIONES Desde: | Nº REV.: | |
| PROCESO: | | | | Hasta: | FECHA: | |
| TAKT TIME | 1 | <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: red;">2</div> <div style="font-size: 4em; font-weight: bold; color: gray;">Página 1</div> | | | | STOCK ESTANDAR DEL PROCESO: ● |
| CYCLE TIME | | | | | | CALIDAD: ◇ |
| STOCK EN CURSO | | | | | | HSE: 1 + |
| Peso de las tareas periódicas por pieza (in ec/part) | | | | | | Movimientos on pieza → sin pieza - - - - - |
| | | | | | GAP LEADER: Nombre: Fecha: | |
| | | | | | SUPERVISOR: Nombre: Fecha: | |
| | | | | | CALIDAD: Nombre: Fecha: | |

1. Se rellenan los apartados referentes a producto, proceso, operario nº, configuración, fecha, tiempo ciclo y Takt Time. Opcionalmente se pueden rellenan los apartados de peso de las tareas periódicas, stock en curso, gap leader, supervisor, calidad y operaciones.

2. En el espacio en blanco se introduce una foto del lay out del puesto. Sobre la misma, se dibuja la secuencia de desplazamientos que realiza el operario de unas acciones a otras y en cada acción. Esas acciones o subacciones se representan con un círculo en el que aparece el número de la acción, y esos números se corresponden con las acciones descritas en la Tabla de Combinación de Tareas y en la hoja de medida de tiempos. Los desplazamientos que el operario realiza sin pieza se representan mediante una flecha discontinua desde una acción hasta la siguiente, y los desplazamientos que realiza con pieza se representan con una flecha continua.

Al igual que la Tabla de Combinación de Tareas, el Esquema de Tareas Estándar se trata de un documento de trabajo estandarizado y también se coloca en la línea para que lo puedan consultar los operarios.

5.3.5. Hoja para metodología PDCA:

Se emplea para anotar por escrito las mejoras que eliminen desperdicios o mejoren las condiciones de seguridad, ergonomía y calidad (1), así como se establecen las fechas (3) y los responsables para llevarlas a cabo (2).

| | | ACTION PLAN RECAP | | | | Leader: Área : FES | |
|----------------|----------|-------------------|----------|---|-------------------|-----------------------|-------|
| Site: ORKOEN | | Date Project: | | PDCA Methodology: FAUP-LIG-0216EN- Issue 03 | | | |
| Customer Code: | | Subject: | | | | | |
| Nº | Problema | Acción | Resp. | Fecha | Realizado (fecha) | Verificado (fecha) | *Act* |
| 1 | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |

Una vez las acciones se llevan a cabo, se apunta la fecha de realización (4).

5.3.6. Distribución del lay out:

En cuanto al lay out, lo mejor es tratar de trabajar con un lay out en U (por las ventajas anteriormente expuestas) e intentar que el ciclo que siga el operario sea circular. De esta manera, la fatiga tanto mental como física del operario será menor y se podrá trabajar con un ciclo continuo, pieza a pieza. Trabajando pieza a pieza, se consigue estandarizar las condiciones de seguridad, calidad y ergonomía, y se puede detectar fallos de manera más fácil.

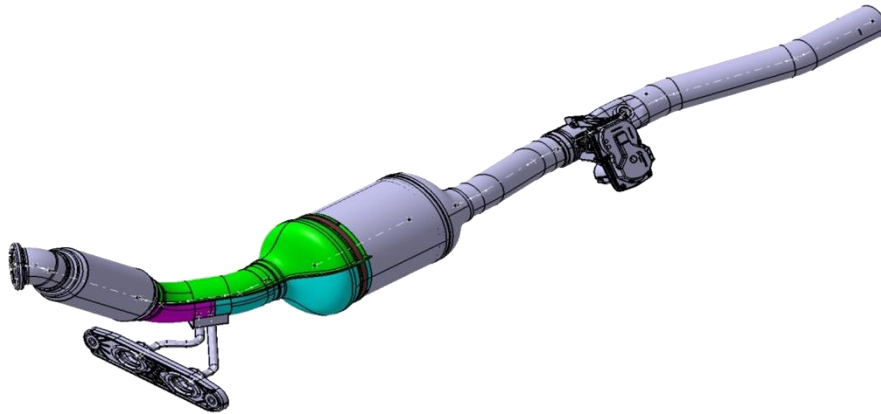


Fig 6.2 Representación del producto en 3D [1]



Fig 6.3 Producto en la línea de producción

6.1. Descripción del producto:

El producto cuya referencia es la 1K0253058ML-V2 se engloba en el proyecto D444 dentro de Faurecia y en la plataforma PQ35 del grupo Volkswagen. Esta plataforma incluye productos como el Audi A3, el Volkswagen Golf, el Seat León o el Skoda Octavia, entre otros.






El modelo 1K0253058ML-V2 que se fabrica en la línea 266 es la parte caliente o Hot End del tubo de escape para un motor diesel (dentro de la plataforma PQ35).






6.1.1. Componentes:

Los componentes que forman el Hot End y que se ensamblan en el proceso productivo

son los siguientes:

| Componente | Fotos |
|-------------------|--|
| Bicono |  |
| Flexible |  |
| Tubo de entrada |  |
| Conos (2 iguales) |  |

| | |
|------------------------------|--|
| <p>Catalizador (canning)</p> |  |
| <p>Tubo intermedio</p> |  |
| <p>Soporte (cuelgue)</p> |  |
| <p>Válvula</p> |  |
| <p>Tubo de salida</p> |  |

| | |
|------------------------|--|
| Anticalórica 1 |  |
| Anticalórica 2 |  |
| Anticalórica 3 |  |
| Brida |  |
| Suspensión/Silentblock |  |

6.1.2. Proceso de producción:

Si se estudia la producción de un conjunto desde el inicio del ciclo hasta que el conjunto está terminado, la producción del Hot End se realiza en las siguientes etapas o pasos:

1. Soldadura en el robot:

El primer paso del proceso productivo es la soldadura de parte de los componentes en el robot de soldadura.

El robot de soldadura está formado por dos mesas en las que se producen procesos de soldadura diferentes; es decir, se sueldan componentes distintos en cada una de las mesas, no se fabrica o produce lo mismo en una mesa y en otra.

En la mesa A se sueldan dos subconjuntos que luego se unen con otros componentes para formar el conjunto completo. En la parte izquierda de la mesa se sueldan los componentes del subconjunto flexible: por una parte, se suelda el bicone con el flexible y, por la otra, se suelda el flexible con el tubo de entrada. En el lado derecho se suelda el subconjunto canning: por un lado, se suelda el cono de salida + tubo intermedio (que se suelda en la otra mesa) con el canning y, por otro, el canning con el otro cono (cono de entrada). En esta mesa, todas las soldaduras que se realizan en el robot son de trayectorias circulares.

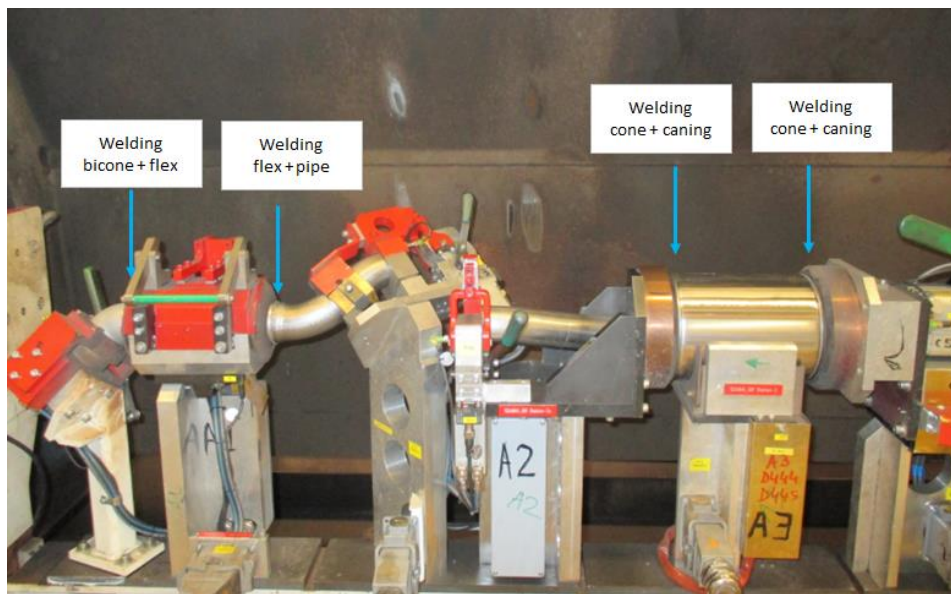


Fig 6.4 Soldadura mesa A [1]

En la mesa B se realizan las soldaduras del conjunto completo y la soldadura del cono de salida del canning con el tubo intermedio. En la parte izquierda de la mesa se realizan las soldaduras necesarias para obtener el conjunto completo: en la primera parte del conjunto, se sueldan el tubo de entrada del subconjunto flexible con el cono de entrada del subconjunto canning, así como el cuelgue al tubo de entrada. En este caso, todas las soldaduras son circulares, excepto la soldadura de cuelgue al tubo, la cual se compone de dos trayectorias rectas. En el final del conjunto, se suelda el tubo intermedio con la válvula y la válvula con el

tubo de salida. En este caso también, las dos soldaduras son circulares. Por último, en la parte derecha de la mesa, se suelda mediante una soldadura circular el tubo intermedio con el cono de salida, el cual se emplea en la mesa A para formar el subconjunto canning.

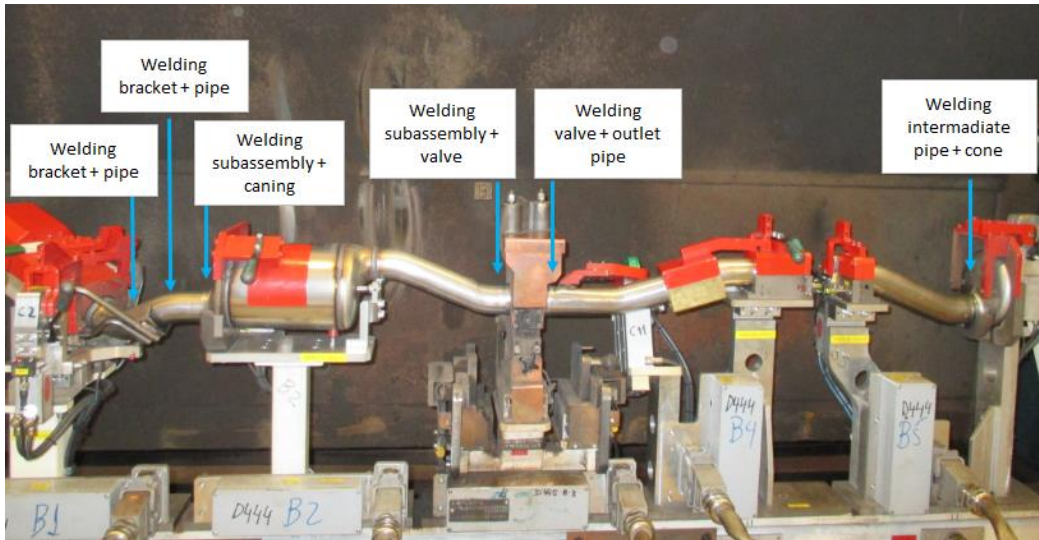


Fig 6.5 Soldadura mesa B [1]

Una vez que el conjunto completo sale del robot, se deja en la percha de enfriamiento o bailarina, que está entre el puesto 1 y el puesto 2 (luego el segundo operario coge las piezas de ahí).



Fig 6.6 Percha de enfriamiento (bailarina)

2. Colocación y unión de anticalóricas:

El siguiente paso consiste en la colocación y unión semipermanente de las anticalóricas en el conjunto. Las anticalóricas son aislantes térmicos que se colocan antes del catalizador o canning, sobre el tubo de entrada y el cono de entrada al canning.

Para colocar las anticalóricas, se emplea una mesa sobre la que se apoya el útil o prensa que ejerce presión sobre las mismas para fijarlas entre sí. El útil está formado por una base, sobre la cual se apoyan la pieza y anticalóricas, y por un peso que se apoya sobre el conjunto y que puede subir y bajar gracias a unos cierres manuales. Además, hay unas prensas que se accionan mediante un sistema hidráulico.

El proceso de colocación de las anticalóricas es el siguiente: con el peso en alto, se apoya la anticalórica 1 sobre el útil (el cual tiene su forma). A continuación, se coloca la pieza sobre el útil y la anticalórica 1 y se colocan las anticalóricas 2 y 3 sobre la pieza. Una vez colocada la pieza con las anticalóricas entre las dos partes del útil, se baja el peso y se acciona el sistema hidráulico. Así, se ejerce la presión sobre las solapas de las anticalóricas para unir las entre sí. El sistema hidráulico se acciona manualmente pulsando sobre dos botones con las dos manos.

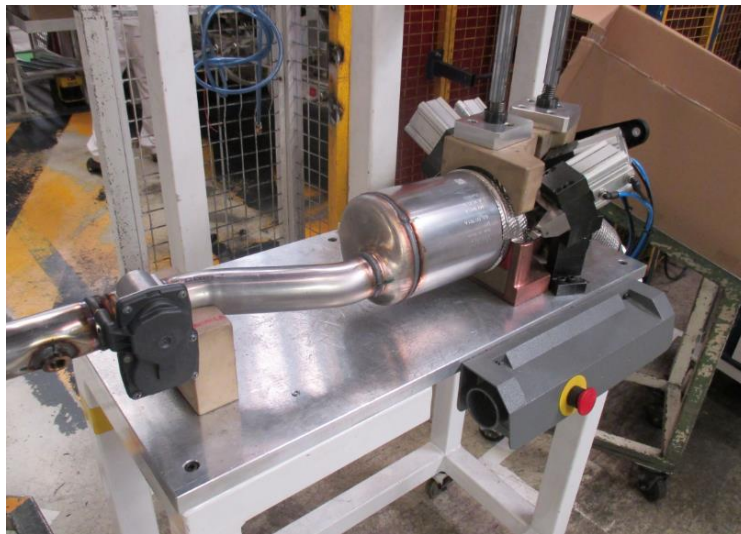


Fig 6.7 Útil anticalórica

3. Colocación de la brida y planchado:

Después de poner las anticalóricas, se pasa la pieza a otra mesa. En esta mesa, en primer lugar se coloca una brida sobre el extremo de las anticalóricas al principio del canning, de forma que quedan fijadas al mismo. Para apretar la brida sobre el conjunto, se emplea una herramienta, la cual también corta el sobrante de la brida. En segundo lugar, se “planchan” las solapas de las anticalóricas para unir las completamente empleando una herramienta (remachadora).



Fig 6.8 Colocación brida



Fig 6.9 Planchado de las solapas

4. Soldadura por punteo:

Para terminar de unir las anticalóricas al conjunto, se realiza una soldadura de diez puntos entre el otro extremo de las anticalóricas y el tubo de entrada, muy próximo al flexible. Para realizar los 10 puntos de soldadura, se mete el conjunto completo en una máquina que suelda al mismo tiempo los 10 puntos automáticamente. De esta forma, las anticalóricas quedan totalmente unidas a la pieza (con la brida en el extremo del canning y con los 10 puntos de soldadura en el extremo del flexible).



Fig 6.10 Máquina de soldadura por punteo

5. Fugómetro:

Colocadas las anticalóricas completamente, se introduce el conjunto en el fugómetro. En el fugómetro, se inyecta aire a presión a la pieza y se comprueba que todas las soldaduras son correctas y que no haya huecos en las mismas que den lugar a fugas. En el caso de que haya fugas, esas piezas tendrán que recuperarse en los puestos de recuperación de soldadura.

Además de comprobar las fugas, en el fugómetro también se coloca la suspensión o silentblock, se realiza el marcado del tubo de salida y se realiza el seguimiento de trazabilidad y control de las piezas producidas gracias a la pegatina de data matrix (DM) que se imprime en el puesto y se pega en el tubo de salida y los escáneres o lectores.



Fig 6.11 Pieza en el fugómetro

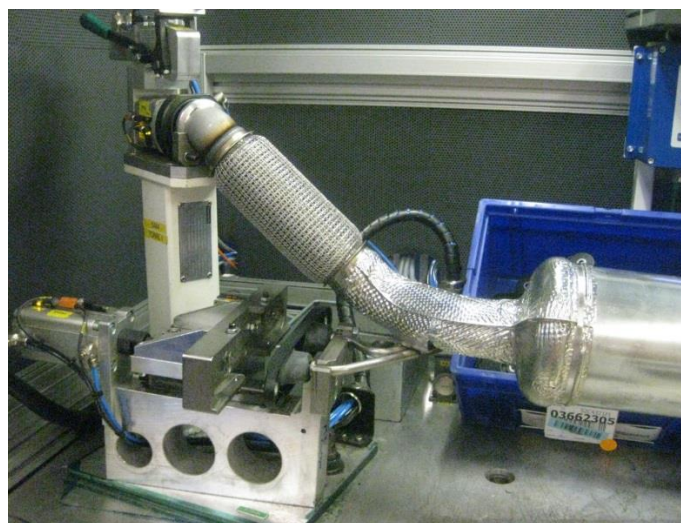


Fig 6.12 Sistema de colocación de la suspensión

6. Verificación final:

Una vez que se han ensamblado todos los componentes de la pieza y se ha comprobado que no hay fugas, se realiza el camino de control (conjunto de puntos a verificar en la pieza) de la pieza en la mesa de verificación, se limpian las proyecciones que pueda haber en las soldaduras y se comprueba que la rosca del tubo de salida está dentro de las tolerancias con una herramienta automática.



Fig 6.13 Pieza en la mesa de verificación final

7. Descarga en contenedor:

Cuando se han realizado las inspecciones finales, la pieza se carga directamente en el contenedor (2 filas de 6 piezas) en la que se llevará al cliente. A la hora de cargar las piezas en el contenedor, se emplean cuadrículas de cartón para cada 2 piezas, y esas dos piezas se separan por otro cartón para proteger las válvulas. Para separar una fila de la otra, se emplea una plancha de cartón.



Fig 6.14 Contenedor de producto terminado

6.2. Realización del Hoshin:

6.2.1. Necesidad del Hoshin en la línea:

La necesidad de realizar el Hoshin en la línea para el producto 1K0253058ML-V2 viene motivada por las grandes diferencias entre el ciclo del operario 1 (en el robot de soldadura) y el ciclo del operario 2 (resto de procesos). Esto se debe, en parte, a la falta de un método de trabajo establecido que sea igual para todos los operarios que trabajen en la línea, ya que, se sospecha que pueda haber un mal reparto de tareas entre los dos operarios.

Además, el ciclo del operario 2 es muy variable (la duración es muy diferente de una pieza a la siguiente), y la producción que saca la línea para el modelo 1K0253058ML-V2 es muy baja, llegando a producir 10-14 piezas a la hora como máximo.

Por lo tanto, lo que se buscará con el Hoshin será establecer un nuevo método de trabajo para los dos operarios en el que se disminuyan los desperdicios que pueda haber y se consiga mejorar la productividad manteniendo la calidad y la seguridad.

6.2.2. Pasos previos:

Dado que no se conoce el funcionamiento de la línea y el proceso productivo en la actualidad, en los días previos al Hoshin es necesario pasar por la línea en el momento en el que están fabricando el modelo que se quiere analizar. Así, se podrá tener una idea de cómo es el proceso antes de realizar el análisis o Hoshin en profundidad.

Durante la semana anterior al Hoshin, se observa el método de distintos operarios en la línea. Dado que no hay un método establecido y documentado de cómo hay que hacer todo el proceso, cada operario tiende a hacer las tareas como mejor le parece. Esto hace que el método o ciclo varíe de un operario a otro en ambos puestos. También se encuentra documentación del método de trabajo del operario 1 del mes de febrero, pero ese método también es distinto al que se lleva a cabo por otros operarios. Se observa que el método de uno de los operarios es más eficaz, ya que ese operario consigue trabajar por debajo del robot empleando ese método. Hay que tener en cuenta que se trata de un operario muy habilidoso, pero seguramente ese método será el más eficiente (aunque no llegue a trabajar por debajo del tiempo robot) que se pueda conseguir para un operario estándar.

Se observa también que, en todos los casos, la limitación para conseguir una productividad mayor es el segundo puesto (operario 2), ya que su ciclo es muy superior al del operario 1. Además, el operario 2 maneja tareas tanto automáticas como manuales. Todo ello, unido a la falta de método, hace que se entorpezca en gran medida la productividad. Por lo tanto, queda claro que por el momento es necesario un equilibrado de tareas entre los dos operarios o el establecimiento de un método más efectivo.

Antes del Hoshin también es necesario asegurarse de que se va a producir la referencia que se quiere analizar el día que se va a realizar el Hoshin, así como preparar e imprimir las hojas para la medida de tiempos, las hojas con el método anterior con el que se trabaja en la

línea y hojas con el lay out actual de la línea.

6.2.3. Convocatoria:

La convocatoria del Hoshin se realiza el 07/04/2015 mediante correo electrónico. El Hoshin se realizará el 09/04/2015 en la sala de formación de la empresa de 6:00h a 14:00h. Los convocados son los siguientes:

- Supervisor de la línea (P.L. Jiménez) parcialmente
- Gap líder de la línea (J.C. García)
- Un operario de la línea en la sala (J. Bodón) más las personas que estén trabajando en la línea (A. Villadóniga y M. Flamarique)
- Ingeniero de la línea y antes técnico de calidad de la misma (F. Irujo)
- Departamento de seguridad (M.A. Martínez y E. Domínguez)
- Equipo FES (J.A. De Andrés, D. Moldes e I. Iturri)

La agenda que se establece en dicha convocatoria es la siguiente:

1. Revisión de los principios básicos del Hoshin.
2. Cálculo del Takt Time y DLE.
3. Detección y eliminación de desperdicios.
4. Establecer método de trabajo.
5. Toma de tiempos.
6. Documentar los resultados en las hojas de trabajo estandarizado (SW).

Los dos primeros pasos y el último se realizan en la sala y los pasos 3, 4 y 5 se realizan en el taller.

6.2.4. Actividad en sala:

El primer paso del Hoshin es repasar con todos los asistentes los conceptos básicos del Hoshin en la sala antes de realizar la actividad en taller. En este paso, se repasan todos los conceptos de Lean Manufacturing y mejora continua explicados en el punto 4 de este trabajo, prestando especial atención a las siguientes técnicas: sistema JIT y Takt Time, concepto de valor añadido y eliminación de desperdicios, DLE, 7 básicos de calidad y tipos de líneas (ventajas y desventajas). También se analiza en sala los métodos que se emplean en la línea y posibles mejoras antes de empezar el trabajo en la línea.

6.2.4.1. Cálculo del DEL de la línea:

Como ya se ha explicado, el DLE sirve para cuantificar el tiempo de valor añadido al producto en la línea, el tiempo de producción neto frente al tiempo de producción total.

Para el cálculo del DLE se han obtenido los siguientes datos del sistema:

| Tiempo producido ($\sum pzas * ruta$) | Tiempo de presencia |
|---|---------------------|
| 652 horas | 1280 horas |

Así, el DLE de la línea queda:

$$DLE = \frac{\text{Tiempo de producción neta}}{\text{Tiempo de presencia}} * 100 = \frac{n^{\circ} \text{ piezas} * \text{ruta}}{\text{Tiempo de presencia}} * 100 =$$

$$= \frac{652 \text{ horas}}{1280 \text{ horas}} * 100 = 51\%$$

Como se puede ver, del total de horas de producción en la línea, realmente se está produciendo valor para el cliente la mitad de ese tiempo. La otra mitad del tiempo de producción es tiempo en el que no se añade valor al producto.

6.2.4.2. Cálculo del Takt Time de la línea:

El Takt Time de la línea es el tiempo ciclo máximo que deberían tener los ciclos de cada producto para poder satisfacer la demanda del cliente. Para ese cálculo, es necesario conocer todos los modelos que se realizan en la línea y los volúmenes de los mismos. En la siguiente tabla se puede ver las cantidades de cada producto que se producen al día:

| Producto (referencia) | Proyecto | Volumen máximo/día |
|-----------------------|----------|---------------------|
| 6C0253095C | D411 | 450 |
| 6C0253059AC | D445 | 65 |
| 3AA253059BA | D444C | 50 |
| 1K0253058ML-V2 | D444 | 40 |
| 6C0253059S | D411C | 15 |
| | | 620 pzas/día |

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo de producción/periodo}}{N^{\circ} \text{ de piezas requeridas/periodo}}$$

El tiempo de producción se refiere al tiempo de apertura de la línea menos el tiempo de todas las paradas programadas. El tiempo de apertura de línea por cada turno es de 7.95 horas (477 minutos) por convenio. Las paradas programadas de la línea son las siguientes:

| Paradas programadas | Duración (minutos) |
|------------------------|--------------------|
| Descansos | 35 |
| Top 5 | 5 |
| Seguridades | 5 |
| Limpieza y Ok 1ª pieza | 10 |
| Cambio de referencia | 35 |

Por lo tanto, el tiempo de producción real de la línea es de:

$$\text{Tiempo de producción} = 477' - 35' - 5' - 5' - 10' - 35' = 387'$$

Así, el Takt Time de la línea queda:

$$Takt\ Time = \frac{387' / turno * 3\ turnos / día * 60'' / 1'}{620\ piezas} = 112.35'' / pieza$$

Por lo tanto, para satisfacer la demanda de cliente, el tiempo ciclo de la línea debería ser de 112.35'' como máximo.

En el caso del modelo de mayor volumen de producción de la línea (6C0253095C), el tiempo ciclo está muy por debajo de ese Takt Time (en torno a 50'', un minuto menos que el Takt Time por ciclo). Para el modelo 6C0253059S también se trabaja por debajo del Takt Time. Esto permite que los modelos de mayor ciclo y menor volumen (el 3AA253059BA, el 1K0253058ML-V2, y el 6C0253059AC) puedan permitirse trabajar por encima del Takt Time, pero el objetivo siempre será acercarse lo máximo posible al Takt Time.

Una vez se han repasado todos los conceptos del Hoshin y se han calculado los parámetros de la línea con todos los implicados, y se ha realizado un primer acercamiento a los problemas de la línea, se procede a realizar la actividad o parte del Hoshin en el taller, en la línea de producción.

6.2.5. Actividad en el taller:

6.2.5.1. Descripción de la línea:

La línea de producción está dividida en dos puestos de trabajo. El primero se encarga del montaje de los componentes en las dos mesas del robot de soldadura y el segundo se encarga del resto de procesos (colocar anticalóricas y plancharla, colocar brida etc.).

El lay out de la línea para el modelo 1K0253058ML-V2 en el momento del Hoshin es el siguiente, en el que se pueden ver tanto el puesto 1 como el puesto 2:

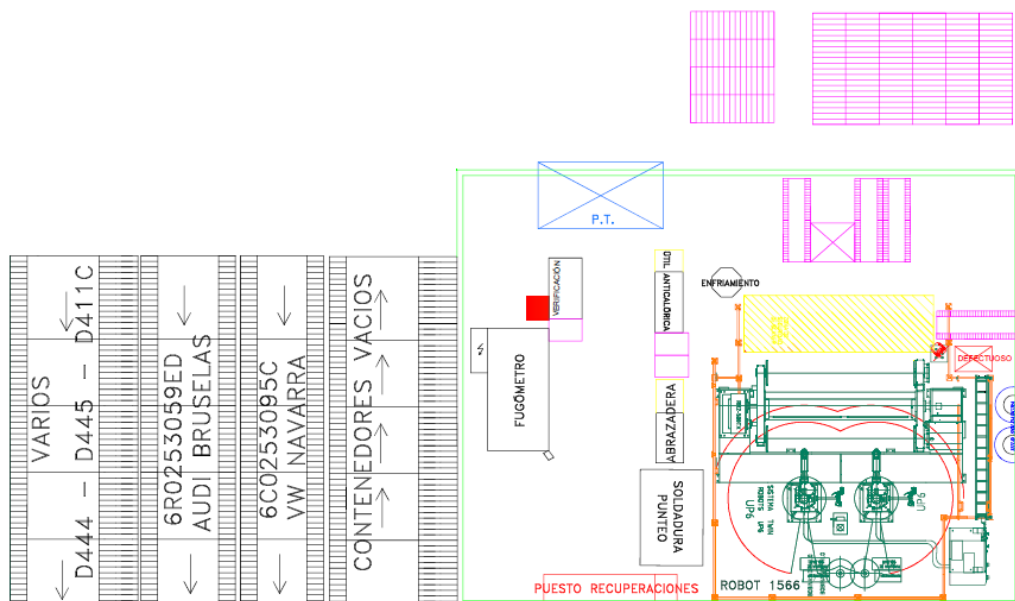


Fig 6.15 Lay out inicial

En el puesto del operario 1, se encuentra el robot. Cuando el operario está trabajando en el robot, a su izquierda tiene una rampa de alimentación para los biconos y los flexibles, así como un soporte para apoyar el subconjunto flexible que se suelda en la mesa A.



Fig 6.16 Rampa de alimentación de flexible y bicono

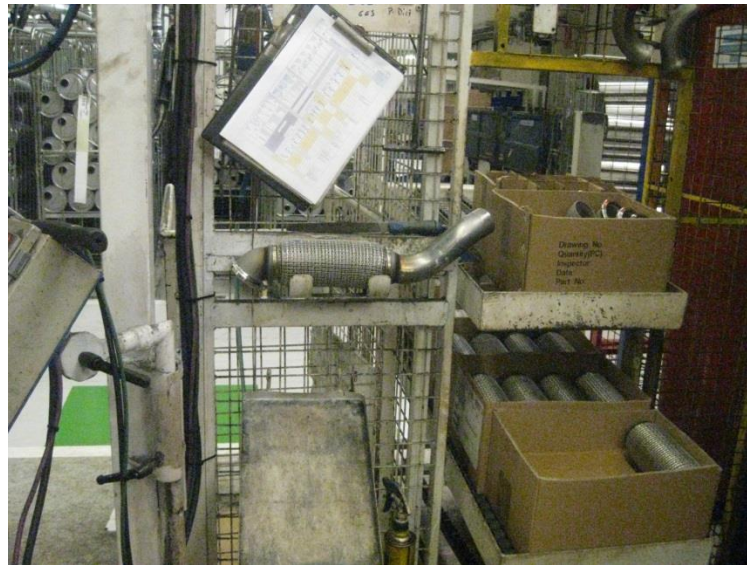


Fig 6.17 Soporte para subconjunto flexible (parte izquierda)

Detrás del operario, se encuentran las 3 rampas de alimentación del resto de componentes y el carro de cannings o catalizadores. Empezando por la izquierda detrás del operario, en la primera rampa entran los tubos de entrada e intermedios. En la segunda rampa entran los conos y los cuelgues. A continuación está el carro de cannings, y a la derecha del mismo se encuentra la última rampa, por la que entran el tubo de salida y la válvula. Detrás de las rampas de alimentación de componentes se encuentran las estanterías de las cuales se cogen los componentes cuando se han acabado las cajas de las rampas de alimentación (sirven

para tener material que llevar a la rampa cuando el que se está usando se acaba).



Fig 6.18 Rampas de alimentación de componentes

A la derecha del operario, se encuentra el gancho en el que se cuelga el subconjunto tubo intermedio + cono de salida que se suelda en la mesa B, así como el soporte en el que se apoya el subconjunto canning (cono-a-cono) que se suelda en la mesa A.



Fig 6.19 Soporte para cono-a-cono y gancho (parte derecha)

En el caso del operario 2, el lay out tiene un aspecto de doble I, formándose la primera I por el útil de las anticalóricas, la mesa para colocar la brida y el planchado de las solapas de las anticalóricas y la máquina de soldadura por punteo. En la I opuesta, se encuentran el fugómetro y la mesa de verificación.

Al final del puesto se encuentra el contenedor de producto terminado en el que el operario va depositando las piezas producidas de manera correcta. A la izquierda en la imagen 6.15, se pueden ver las rampas a las que se llevan los contenedores de producto terminado y las rampas de las que se cogen los contenedores vacíos.

Los rectángulos rosas representan la posición de las cajas de anticalóricas (apoyadas sobre soportes con ruedas), la caja de soportes/silentblocks se encuentra dentro del fugómetro y las bolsas de bridas están debajo de la mesa denominada abrazadera. Al igual que ocurría con el operario 1, la reposición de material se hace yendo a las estanterías que hay detrás de las rampas de alimentación del operario 1.

6.2.5.2. Análisis de la situación inicial:

6.2.5.2.1. Análisis de los aprovisionamientos:

Una vez en la línea de producción, lo primero que se analiza son los aprovisionamientos de la línea por petición de los operarios y responsables de la línea. En la siguiente imagen se detalla por donde entra cada componente sobre el lay out inicial:

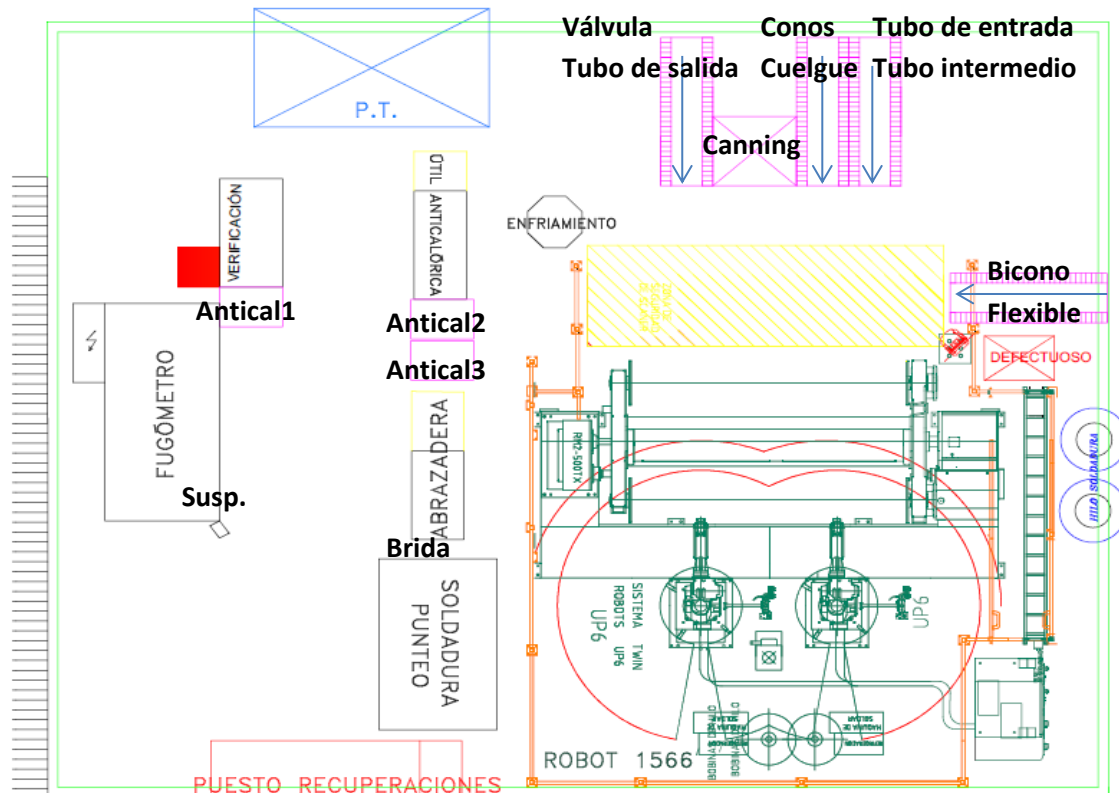


Fig 6.20 Alimentación de componentes

Como ya se ha comentado, cuando no quedan componentes en la rampa, se tienen que acercar las cajas de materiales desde las estanterías de la parte trasera hasta las rampas.

Una vez en la línea, se ve que el mayor problema en los aprovisionamientos es el aprovisionamiento de los materiales que se fabrican en la propia planta. Los materiales que bajan del almacén a la línea en el tren tienen un lugar asignado en las estanterías y en las rampas, por lo que su aprovisionamiento es sencillo al quedar cerca de la línea. Sin embargo, en el caso de los materiales de producción interna, no se ha establecido un procedimiento para acercar los materiales a la línea. De esta manera, puede que a veces el carretillero o algún otro trabajador con buena voluntad acerque dichos materiales a la línea y otras veces el operario de la línea se tiene que desplazar a otras líneas a recogerlos.

Los materiales de producción interna son 4: el canning, el tubo de entrada, el tubo intermedio y el tubo de salida. En el caso del canning, se almacena en el shop stock que hay detrás de la línea 520, y en el caso de los 3 tubos, se almacenan en el shop stock que hay detrás de la línea 273. Por lo tanto, cuando se acaban estos materiales en la línea, si nadie ha podido acercar los materiales a la línea, el operario 1 se tiene que desplazar hasta estos puntos para reemplazar los materiales que se han acabado, con todo el tiempo que ello supone. En la siguiente imagen, se puede ver el tramo que tiene que desplazarse el operario para reponer el carro de cannings y los KLT-s o cajas de tubos, indicando con el color negro el aprovisionamiento de cannings y con color marrón el de los tubos:

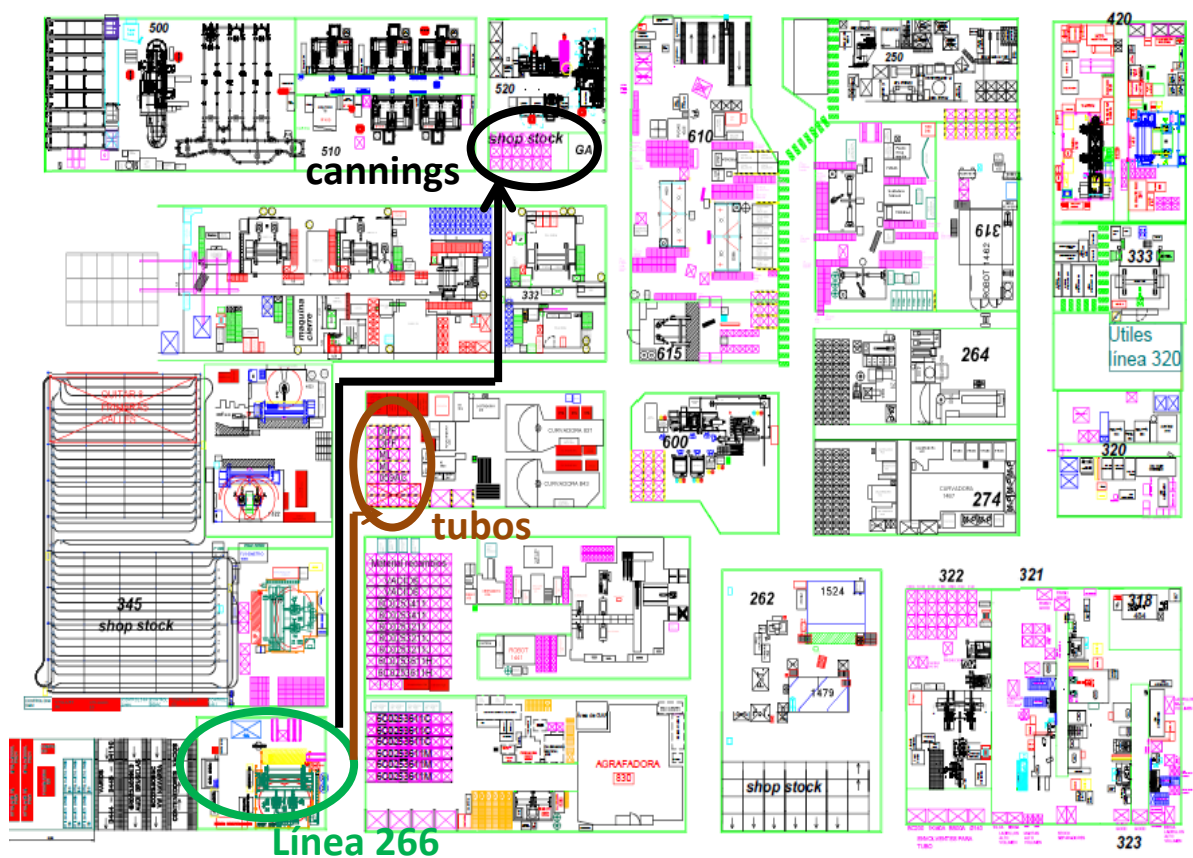


Fig 6.21 Aprovisionamiento de materiales de producción interna

Como se puede ver, la distancia que el operario ha de recorrer para aprovisionarse de estos materiales es considerable (unos 20 m de ida y otros tantos de vuelta para los tubos y unos 60 m de ida y otros 60 de vuelta para los cannings).

Visto el gran desperdicio que supone un desplazamiento tan elevado para el aprovisionamiento de los materiales, se decide que sea un operario de logística quien acerque los materiales a la línea cuando se estén acabando. Para ello, será necesario comunicar a logística el nuevo método de aprovisionamiento de materiales de producción interna para la fabricación del modelo en estudio. En el caso de los cannings, se acercarán al shop stock de mamitas, donde también se almacenan carros vacíos; y, en el caso de los tubos, se acercarán al espacio libre que hay en la línea. En el caso de los tubos, el cambio se realiza inmediatamente, pero en el caso de los cannings, ese cambio llevará más tiempo. Por eso, para el estándar se considerará que los cannings se cogen desde la línea 520.

En la siguiente imagen se puede ver la zona cercana a la línea en la que se pondrán estos materiales:

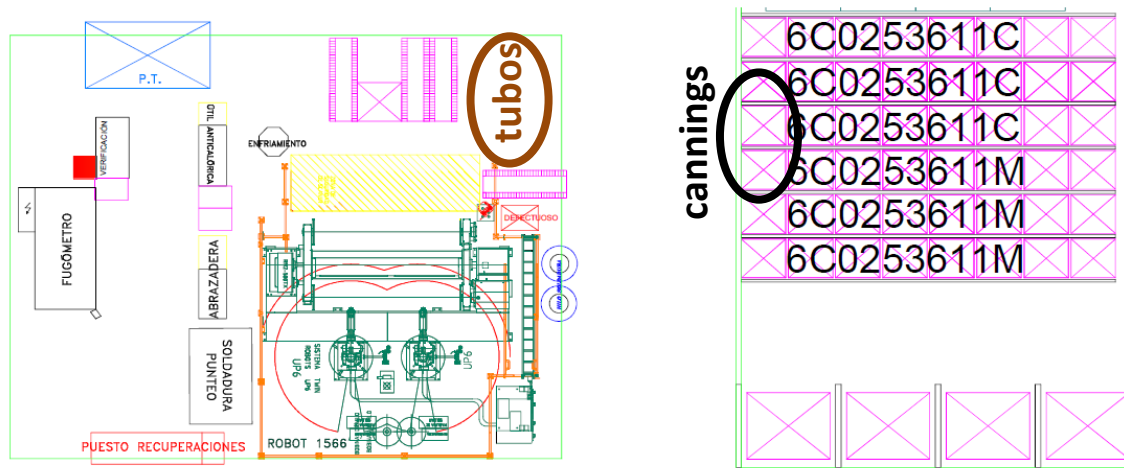


Fig 6.22 Nuevo lugar productos de producción interna

También se apunta la propuesta de los operarios de colocar dos rampas nuevas, una para el flexible y el tubo intermedio del modelo 095C y otra para los tubos de entrada e intermedio compartidos por el 058ML y el 059BA.

Una vez analizados los aprovisionamientos, se procede al análisis y observación del método del operario 1.

6.2.5.2.2. Método del operario 1:

Como se ha dicho anteriormente, al no haber un método establecido para la realización de las operaciones, cada operario lo hace como le parece que es mejor.

El lay out del puesto es el siguiente:

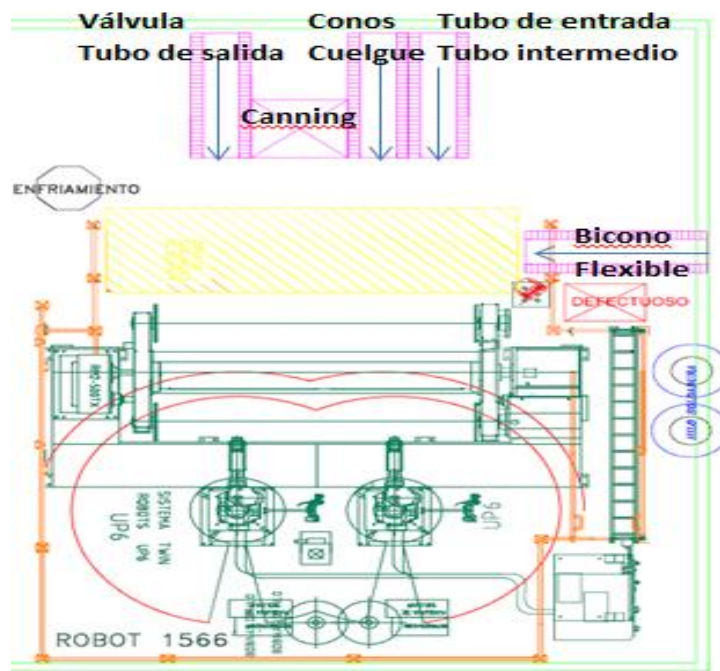


Fig 6.23 Lay out operario 1

En el puesto 1, lo primero que se hace es medir el tiempo del robot, obteniendo los siguientes tiempos:

| | Tiempo (seg) |
|-----------------------|--------------|
| Mesa A | 62 |
| Mesa B | 70 |
| Robot completo | 132 |

Buscando en los archivos del departamento, se encuentran los documentos en los que se recoge el método de trabajo de un operario (I. Mercapide; método 1.1) a finales del mes de febrero, los cuales se recogen en el anexo I. En los documentos, se observa que el tiempo ciclo es superior al tiempo robot y que se dan muchos pasos (desperdicios que hay que eliminar).

En la semana previa al Hoshin, se ha observado el método de uno de los operarios en la línea (J. Bodón). El método empleado por este operario consigue que el cuello de botella sea el robot, ya que con ese método el operario consigue montar cada una de las mesas en un tiempo inferior al tiempo de soldadura o de robot de la otra (método 1.2).

Una vez en la línea, se observa el método de A. Villadóniga. El método de este operario difiere en pequeña medida del empleado por Bodón. Aunque las diferencias no sean muy grandes, en este caso el cuello de botella resulta ser el operario, y el robot para en ambas mesas (método 1.3).

En la siguiente tabla se puede ver cada una comparativa de los métodos de cada uno de los operarios:

| Método 1.1 | Método 1.2 | Método 1.3 |
|--|--|--|
| Aprovisionamiento de tubo de entrada y cono. | Aprovisionamiento de tubo de entrada y cono. | Aprovisionamiento cono. |
| Apoyar cono en útil y tubo en bastidor. | Apoyar tubo en bastidor y cono en útil. | Apoyar cono en útil. |
| Descargar subconjunto flexible a soporte. | Descargar cono-a-cono a soporte. | Descargar cono-a-cono a soporte. |
| Cargar bicono, flexible y tubo de entrada en robot. | Cargar subc. tubo int.+cono y el otro cono. | Cargar subc. tubo int.+cono y el otro cono. |
| Descargar cono a cono a soporte. | Cargar canning. | Cargar canning. |
| Cargar subc. tubo int.+cono y el otro cono. | Descargar subconjunto flexible a soporte. | Descargar subconjunto flexible a soporte. |
| Cargar canning. | Cargar bicono, flexible y tubo de entrada en robot. | Aprovisionamiento de tubo de entrada y carga de bicono, flexible y tubo de entrada en robot. |
| Salir y pulsar marcha mesa A. | Salir y pulsar marcha mesa A. | Salir y pulsar marcha mesa A. |
| Aprovisionamiento de tubo int. y cono. | Aprovisionamiento de tubo int, cono y cuelgue. | Aprovisionamiento de tubo int. y cono. |
| Descargar subc. tubo int.+cono a gancho. | Apoyar cuelgue en bastidor. | Descargar subc. tubo int.+cono a gancho. |
| Cargar tubo y cono. | Descargar subconjunto tubo int+ cono a gancho. | Cargar tubo y cono. |
| Descargar conjunto completo a percha. | Cargar tubo y cono. | Descargar conjunto completo a percha. |
| Coger y cargar tubo de salida y válvula en robot. | Descargar conjunto completo a percha. | Coger válvula y cargar en robot. |
| Coger cono a cono de soporte y cargarlo en el robot. | Aprovisionamiento de válvula y tubo de salida y cargarlos. | Salir a por tubo de salida y cargarlo en robot. |
| Salir a por cuelgue y cargarlo en robot. | Cargar cono-a-cono de soporte a robot. | Salir a por cuelgue y cargarlo en robot. |
| Cargar subconjunto flexible. | Cargar cuelgue y subconjunto flexible en robot. | Cargar subconjunto flexible. |
| Salir y pulsar marcha mesa B. | Salir y pulsar marcha mesa B. | Salir y pulsar marcha mesa B. |

En la línea, se toman tiempos del ciclo puro completo (sin frecuencias) para el operario 1 con el método 1.3, obteniendo el siguiente resultado como media:

| | Tiempo (seg) |
|----------------------------|--------------|
| Mesa A | 88 |
| Mesa B | 70 |
| Ciclo puro completo | 158 |

Como se puede ver, el ciclo queda lejos del tiempo robot, a 26 segundos. Lo que se intentará será acercar lo máximo posible el ciclo puro al tiempo robot y eliminar los

desperdicios haciendo el método más efectivo.

El método más eficiente de los tres es el segundo, ya que realiza menos viajes de entrada y salida al robot y aprovecha una misma entrada para llevar y cargar varios componentes en el robot. Además es el único de los tres que consigue trabajar al ritmo del robot, montando las mesas antes de que el robot termine de soldar la otra mesa.

Hay que tener en cuenta que el operario que realiza este método es muy habilidoso, pero dado que comparado con los otros dos métodos es el más eficiente (menos desplazamientos, mayor rapidez al cargar varios componentes a la vez etc.), se decide que ese será el estándar para el operario 1 (aunque puede que un operario estándar no llegue a trabajar por debajo del tiempo robot en ambas mesas).

6.2.5.2.3. Método del operario 2:

El caso del segundo operario es más complejo.

Como no hay un método establecido, cada uno de los operarios que se han podido observar tiende a hacer el ciclo de la manera que cree más correcta. La falta de método, unida a la complejidad que supone trabajar en un puesto en el que se combinan tareas manuales con tareas automáticas, hace que el seguimiento del ciclo sea muy difícil y que el método de un ciclo a otro y de un operario a otro varíe en gran medida.

Observando el trabajo en la línea el día del Hoshin, la falta de método es muy notable y hace que el operario no repita en ninguno de los ciclos observados las mismas tareas ni el mismo orden, por lo que el operario sigue un ciclo un tanto caótico: como no hay un estándar que seguir, el operario está continuamente dando vueltas por la línea para ver cómo puede tener todas las máquinas en activo, ya que cree que así irá más rápido. Esto hace que constantemente esté girándose y deteniéndose para poder ver a qué punto se puede dirigir, haciendo que el trabajo no sea efectivo (muchas veces se queda mirando a ver qué puede hacer sin ir directamente a hacerlo, porque no sabe por dónde puede seguir o adónde puede ir) y que el número de pasos que se dan en cada ciclo sea muy elevado.

Debido a que el operario no sigue en ninguno de los ciclos el mismo orden, no se puede desglosar la actividad en tareas repetitivas, por lo que se toman unos tiempos orientativos de cada "ciclo" completo, desde que el operario toca la pieza en la percha de enfriamiento o bailarina hasta que toca la siguiente. De esta manera, dada la falta de método, cada ciclo tiene una duración muy diferente al anterior.

Realizadas varias mediciones del ciclo completo, se observa que la duración media del ciclo es de unos 4 minutos (segundo arriba segundo abajo). Incluso se observan ciclos de más de 5 minutos.

Se ve un claro desperdicio en el método que emplea el operario, ya que hay una gran cantidad de desplazamientos, llegando a observar de 20 a 30 pasos en vacío en cada ciclo (y otros tantos cargado). También se observan retrocesos (pasos hacia atrás) continuos en todo el proceso (para ir a cargar una máquina, para volver a descargar la pieza de una máquina a la

siguiente después de haber ido a una máquina que estaba más adelante etc.).

Otro factor que hace que el ciclo sea elevado es la mala distribución del lay out, ya que obliga al operario a realizar muchos desplazamientos y, además, cargado.

El lay out del puesto es el siguiente:

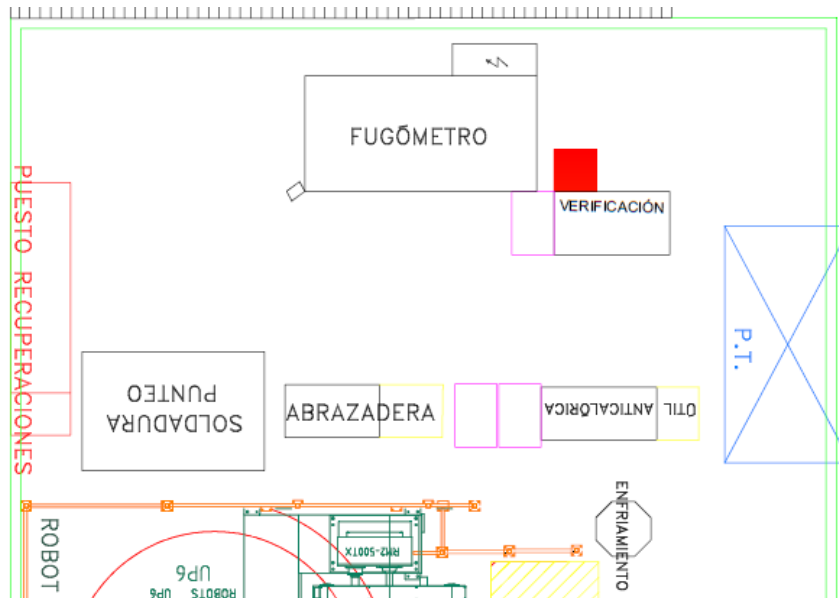


Fig 6.24 Lay out operario 2

Como se puede ver, el lay out no tiene ninguna de las disposiciones preferentes presentadas en el apartado 4.4.7. y la distancia a recorrer entre cada una de las máquinas (sobre todo de la máquina de soldadura hasta el fugómetro y entre el útil de las anticalóricas y la mesa de la abrazadera -ya que están ahí las cajas de las anticalóricas 2 y 3-) es elevada. Además, cada vez que va a empezar con una nueva pieza tiene que retroceder hasta la mesa de verificación para coger la anticalórica 1 y volver al útil para colocarla y poder colocar luego la pieza.

Por lo tanto, queda clara la necesidad de definir un nuevo método de trabajo que ordene el ciclo del operario y minimice los desperdicios. También se tratará de reducir su tiempo hasta un tiempo que sea parecido al del operario 1 y que se acerque lo máximo posible a su tiempo ciclo.

6.2.5.3. Definición de nuevos métodos de trabajo y toma de tiempos:

6.2.5.3.1. Operario 1:

En el caso del **operario 1** se define como estándar el método 1.2. Por lo tanto, el operario J. Bodón le explica su método al operario que está trabajando en la línea, el cual lo entiende muy rápido y lo aplica bien desde el principio.

Tras dejar que el operario coja ritmo con el nuevo método y lo interiorice, se procede a la toma de tiempos del puesto 1. Esa medida de tiempos se realiza junto con uno de los

operarios, el cual colabora en la definición de los puntos de medida y en el cronometraje de las acciones (si el operario participa en el proceso, puede ver que los resultados obtenidos no son inventados y acepta mejor los cambios). Como el tiempo es limitado y los ciclos son largos, se toman los tiempos de 12 ciclos.

Esos tiempos se emplearán para definir y realizar los documentos de trabajo estandarizado después de identificar y medir los frecuenciales o tareas periódicas. Los tiempos medidos al operario 1, así como los documentos de trabajo estandarizado del puesto que se completan después de medir los frecuenciales, se adjuntan en el anexo II.

6.2.5.3.2. Operario 2:

Para el **operario 2**, se analiza cómo distribuir el lay out para que el proceso sea más eficiente. Así, se decide mover la máquina de soldadura por punteo para cerrar el lay out en U.

En cuanto a las tareas, en principio parecía que el operario 2 tenía un mayor contenido de trabajo que el 1 y que habría que reequilibrar la línea dando parte de trabajo del 2 al 1

Sin embargo, al observar el trabajo en la línea se ve que la carga de trabajo no es superior; simplemente, la falta de un método establecido unido a la cantidad de máquinas que tiene que manejar sin un orden establecido, hacen que el operario muchas veces no sepa a qué máquina dirigirse y se quede dudando antes de dar un paso. Además, el lay out del puesto no está bien distribuido. Todo esto hace que el operario dé muchísimos pasos (porque no sabe exactamente qué hacer) cargado con la pieza y sin ella, siendo este un gran desperdicio que hay que eliminar o al menos reducir.

Para establecer un nuevo método de trabajo, se estudia la carga y descarga de las máquinas: las máquinas (fugómetro y máquina de soldadura por puntos) no tienen un sistema de auto eject, por lo que la máquina no se puede cargar sin haberla descargado antes al siguiente puesto o mesa. Por eso, se propone situar dos soportes, cada uno al lado de cada máquina automática. Así, se simula un auto eject de la máquina, pudiendo descargar y cargar la máquina sin necesidad de realizar grandes desplazamientos. De esta manera, las máquinas pueden cargarse de una forma fácil y rápida.

Se genera un debate en cuanto a la posición que van a tener las cajas de anticalóricas: si ponerlas una a cada lado de la mesa (para cubrir el espacio que luego ocupará la pieza en la mesa y que sobresale de la mesa, pero así se dificulta el abastecimiento del producto de la percha, ya que hay que rodear la caja para llegar hasta él) y la otra en la parte de abajo; si poner una a cada lado y la otra al lado del contenedor de producto terminado (de manera que el operario pueda coger la anticalórica inferior después de descargar la pieza en el contenedor); o si poner dos cajas a un lado y la otra detrás de la mesa. Finalmente, se opta por la tercera opción.

También se decide sacar los silentblocks del fugómetro y ponerlos en un soporte con ruedas entre el fugómetro y el primer soporte.

El lay out que se propone para el operario 2 es el siguiente:

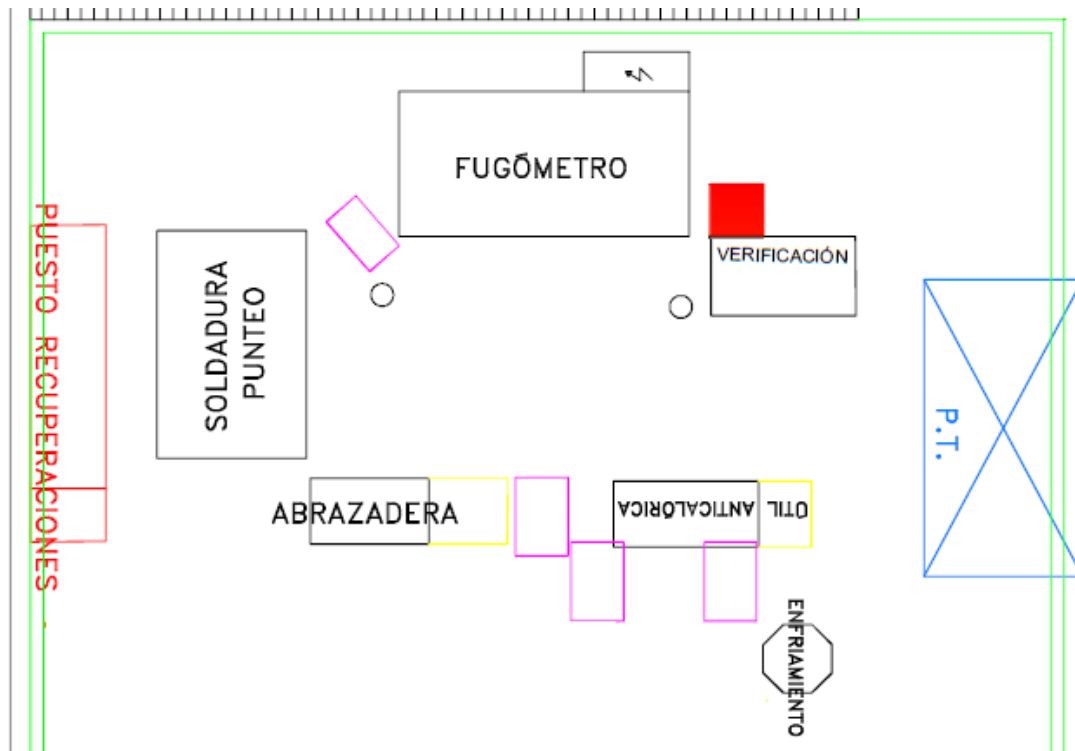


Fig 6.25 Lay out propuesto operario 2

No se puede mover la máquina de soldadura en el mismo día porque la manguera del agua de refrigeración de la misma es muy corta y no llega a la posición en la que se quiere colocar la máquina. Por lo tanto, el movimiento de la máquina se deja para el fin de semana.

A la hora de planificar un método para el operario 2, se toma como base el siguiente principio: las máquinas automáticas tienen que estar siempre cargadas y las manuales siempre vacías. De esta forma, cuando al operario le toque trabajar en una mesa manual, la mesa estará vacía y no tendrá que descargarla para poder cargar la nueva pieza. En el caso de las máquinas automáticas, para cuando el operario llegue a la máquina el ciclo de la misma ya habrá acabado, y el operario podrá descargar la pieza al soporte de al lado y cargar la nueva pieza de una manera sencilla y sin esperar a que la máquina termine.

Para empezar con el método, el operario siempre tiene que tener las máquinas cebadas (siempre tiene que haber una pieza dentro de la máquina de soldadura y dentro del fugómetro). El método que se propone para el operario 2 para ir pieza a pieza es el siguiente:

1. Carga de las anticalóricas y la pieza en el útil (primera mesa). Prensado de las anticalóricas.
2. Llevar la pieza a la mesa de la abrazadera. Colocar brida y planchar solapas de las anticalóricas.
3. Descargar pieza soldada al primer soporte y cargar la pieza de la mesa de la abrazadera en la máquina de soldadura por punteo.

4. Descargar la pieza del fugómetro al segundo soporte y cargar la pieza del otro soporte en el fugómetro.
5. Pasar la pieza del segundo soporte a la mesa de verificación y realizar verificaciones.
6. Descargar pieza en contenedor y volver a empezar el ciclo.

Con el nuevo método, se consigue eliminar muchos de los pasos que el operario realizaba (cargado y en vacío) por no saber a dónde ir y por la distancia existente entre las diferentes mesas y máquinas, los cuales suponían un gran desperdicio en el ciclo.

Además, mediante esta disposición, se establece un método de trabajo que el operario puede seguir sin volverse loco y se reducen los pasos que tiene que dar en cada ciclo. Así, se reduce la fatiga tanto física como mental del operario al finalizar la jornada laboral, ya que no tiene que estar pensando constantemente a dónde se tiene que dirigir o qué puede hacer, sino que lo hace porque sigue un método repetitivo que le permite hacer las cosas por inercia. Al reducirse los pasos (junto con el nuevo lay out y el nuevo método), la fatiga física también se reduce y se elimina gran parte de los desperdicios.

Como no se ha podido mover la máquina de soldadura por punteo de sitio y todavía no se han creado los soportes, no se puede realizar la toma de tiempos del método para realizar los documentos de trabajo estandarizado. Por eso, se deja el método planteado y explicado a los operarios para poder tomar los tiempos cuando se instauren todos los cambios.

6.2.5.4. Propuestas de mejora surgidas:

Además de los cambios de lay out y los nuevos métodos de aprovisionamiento y trabajo propuestos para los dos operarios, en la línea también se han observado oportunidades de mejora (eliminación de desperdicios) en diferentes aspectos de la fabricación, ergonomía y seguridad:

- Mejorar el gancho de la bailarina en el que se apoyan las piezas que salen del robot, ya que es difícil encajar la pieza en el mismo y se pueden producir deformaciones en el cuelgue o soporte de la pieza. Por temas de ergonomía, es mejor que la altura de la bailarina sea menor, por lo que habrá que bajarla. También se plantea la posibilidad de sustituir la bailarina por una rampa, ya que esta garantizaría el FIFO (que la primera pieza que se produce sea la primera pieza que salga) y se mejoraría el aprovisionamiento de piezas para el operario 2, ya que las piezas le vendrían más cerca y no las tendría que descolgar del gancho.
- Por temas de ergonomía sería mejor bajar la altura de la bailarina, del fugómetro y de la mesa de verificaciones.
- Es necesario aumentar la campana de extracción de humos para el subconjunto canning (cono-a-cono), ya que la que hay es muy pequeña y los extremos del subconjunto (por los que sale el humo a raíz de las soldaduras) quedan fuera de la campana de extracción, como se ha podido ver en la imagen *Fig 6.19*.
- Se propone revisar los aprietes de los utillajes del robot para mejorar la ergonomía, ya que resultan pequeños y estrechos. No es posible mejorarlo, ya

que están hechos así por motivos de acceso de las boquillas del robot a la hora de soldar (por ciertos giros y movimientos que no puede realizar si los aprietes son mayores).

- También se propone la idea de optimizar el espacio de los contenedores, viendo la posibilidad de cortar la altura de los cartones para ver si en vez de dos alturas (12 piezas) pueden entrar 3 (18 piezas). Se apunta la idea, pero por el momento ese estudio se deja para más adelante.
- Se propone cambiar de lado los apoyos de la pieza en la mesa de la abrazadera, ya que el sentido de estos apoyos hace que haya que girar la pieza para poder apoyarla en la mesa después de sacarla del útil de las anticalórica. También hace que haya que volver a girarla para introducirla en la soldadura por puntos. Si se cambia el sentido, se ahorrará el tener que girar la pieza completa dos veces, mejorándose la ergonomía.



Fig 6.26 Antes y después de la mesa de la abrazadera

- Dado que el larguero que tiene la máquina de soldadura dificulta la inserción de la pieza en ella, se propone levantar el larguero o quitarlo. Esa tarea se lleva a cabo, como se puede ver en la siguiente imagen:

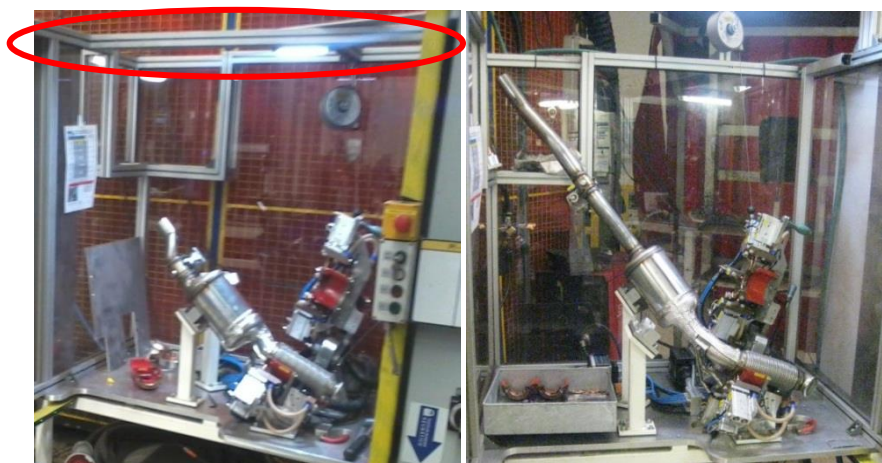


Fig 6.27 Máquina de soldadura con larguero y sin larguero

- Dada la gran cantidad de cartón que se emplea en cada contenedor y el elevado tiempo que se emplea en acercarlo al mismo y colocarlo, se sugiere la posibilidad de preparar y colocar soportes para el cartón cerca de la línea.
- Un operario propone cambiar la botonera del fugómetro de lado, ya que está en la parte izquierda del mismo y hace retroceder al operario para pulsar marcha. Esto no ocurriría si la botonera estuviera a la derecha, ya que el operario podría pulsar marcha cuando avanza hasta la mesa de verificaciones, eliminándose esos pasos de retroceso. La propuesta se apunta y se llevará a cabo en verano.
- El manejo manual del peso del útil de las anticalóricas es peligroso, ya que el sistema que tiene para mantener las pesas en alto (dos vástagos con una muesca cada uno en las que se encajan los elevadores del peso) puede no ser eficaz, ya que alguien puede pegarle un golpe a los elevadores y soltarse el peso y caer. Por eso, urge la necesidad de mejorar el sistema.



Fig 6.28 Sistema de elevación de las pesas

6.2.5.5. Identificación y medida de frecuencias:

Como el día 9 de abril no hubo el suficiente tiempo para terminar el Hoshin (aunque se pudo completar la mayor parte), los días 12 y 13 de abril se dedican a identificar los frecuencias y medir su duración junto con los operarios en los momentos en los que se produce el modelo.

En la siguiente tabla se pueden observar las tareas frecuencias que tiene cada uno de los operarios, el número de componentes que contiene cada caja, las medidas de tiempo realizadas para frecuencial y la duración asignada al mismo:

| | Cantidad (frec) | Medidas (segundos) | | | Duración (seg) |
|--|-----------------|--------------------|-------|---|----------------|
| OPERARIO 1 | | | | | |
| Cambiar caja de cuelgues | 25 | 9,64 | - | - | 10 |
| Cambiar caja de conos | 20 | 6,91 | - | - | 7 |
| Cambiar caja de válvulas | 8 | 16,49 | - | - | 17 |
| Cambiar caja de flexibles | 8 | 9,24 | - | - | 10 |
| Cambiar caja de biconos | 24 | 12,2 | 10,87 | - | 15 |
| Quitar cartón a caja de biconos | 8 | 6,82 | - | - | 7 |

| | | | | | |
|---|-----|-------|-------|-------|-----|
| Cambiar carro de cannings | 80 | 152 | - | - | 152 |
| Cambiar caja de tubo de salida | 12 | 13,86 | 8,56 | 6,55 | 15 |
| Cambiar caja de tubo intermedio | 27 | 11,01 | - | - | 15 |
| Cambiar caja de tubo delantero | 27 | 11,01 | - | - | 15 |
| Imprimir etiqueta | 12 | 45,93 | - | - | 45 |
| Cambio de contenedor | 12 | 46,66 | 54,17 | 50,75 | 60 |
| Cambio de boquilla | 120 | 120 | - | - | 120 |
| Rellenar DCS | 50 | 117,2 | - | - | 120 |
| OPERARIO 2 | | | | | |
| Cambiar caja de anticalóricas | 32 | 26,49 | - | - | 30 |
| Cambiar caja de anticalóricas | 60 | 26,49 | - | - | 30 |
| Cambiar caja de anticalóricas | 120 | 26,49 | - | - | 30 |
| Cambiar caja suspensión/silentblocks | 40 | 25,41 | - | - | 25 |
| Poner cartón en el contenedor | 6 | 6,38 | 11,82 | 10,52 | 10 |
| Colocar cuadrícula para 2 piezas | 2 | 2,9 | 2,5 | 3,5 | 3 |
| Poner cartón separador para 2 piezas | 2 | 2,1 | 1,8 | 2 | 2 |
| Cambio de contenedor | 12 | 46,66 | 51,17 | 50,75 | 60 |
| Rellenar DCS | 30 | 87,9 | - | - | 90 |

6.2.5.6. Seguimiento del método del operario 2 y creación del estándar final:

Dado que el primer día no se pudo llevar a cabo el movimiento de la máquina de soldadura por puntos del puesto 2 ni había soportes (por lo que no se pudieron tomar tiempos), es necesario bajar otros días a la línea para ver cómo va la instalación de esas mejoras y para poder coger los tiempos del segundo operario.

El 17 de abril se vuelve a bajar con toda la gente a la línea para ver si se pueden coger tiempos al operario 2. Se espera que los dos soportes para el operario estén puestos, pero no es así. Además, se ha decidido hacer la prueba de quitar la mesa de verificación y meter las verificaciones dentro del fugómetro. De esta forma el lay out de la célula queda más apretado, pero seguramente no se pueda trabajar de esa manera por temas de calidad, ya que el control final se debe realizar fuera de las máquinas. También se está trabajando con las cajas de anticalóricas en diferente posición (la primera entre el contenedor y la bailarina y las otras dos detrás del soporte). El lay out con el que se está trabajando es el siguiente:

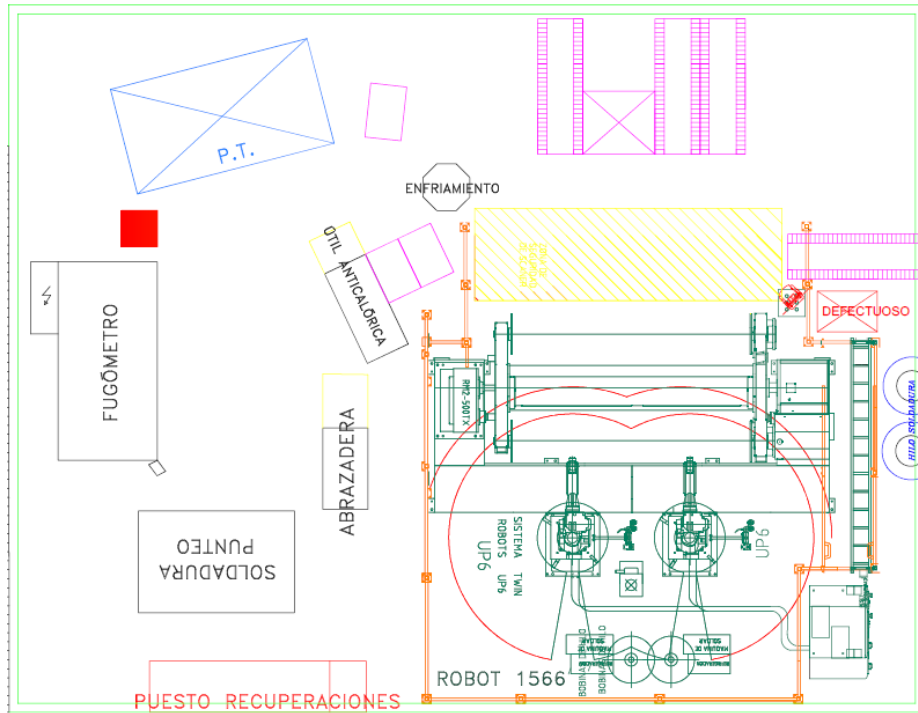


Fig 6.29 Lay out de la línea (17 de abril)

A la espera de la negación o confirmación por parte de calidad para quitar la mesa de verificación y meter las verificaciones dentro del fugómetro, y dado que los soportes todavía no se han fabricado, no se pueden tomar tiempos. Aun así, se simula la colocación de los soportes con dos personas puestas en la línea y actuando como “soportes” (de la punteadora al fugómetro y del fugómetro a la mesa de verificación). Esta forma de trabajar no sirve para tomar tiempos, ya que la respuesta de una persona es más rápida que la de un soporte rígido e inmóvil, pero sirve para poder explicarle al operario cómo será el método de trabajo una vez que los soportes estén puestos (cómo tiene que tener las máquinas automáticas siempre ocupadas/cargadas y las manuales vacías, y cómo cargar y descargar las máquinas a los soportes).

El 5 de mayo se vuelve a bajar a la línea para ver si se pueden tomar tiempos. Finalmente el departamento de calidad ha desestimado la posibilidad de incluir las verificaciones dentro del fugómetro, por lo que se vuelve a trabajar con la mesa de verificaciones. El lay out con el que se está trabajando es algo diferente al propuesto (las cajas de anticálóricas están distribuidas de forma diferente y el puesto de soldadura por puntos está ligeramente girado):

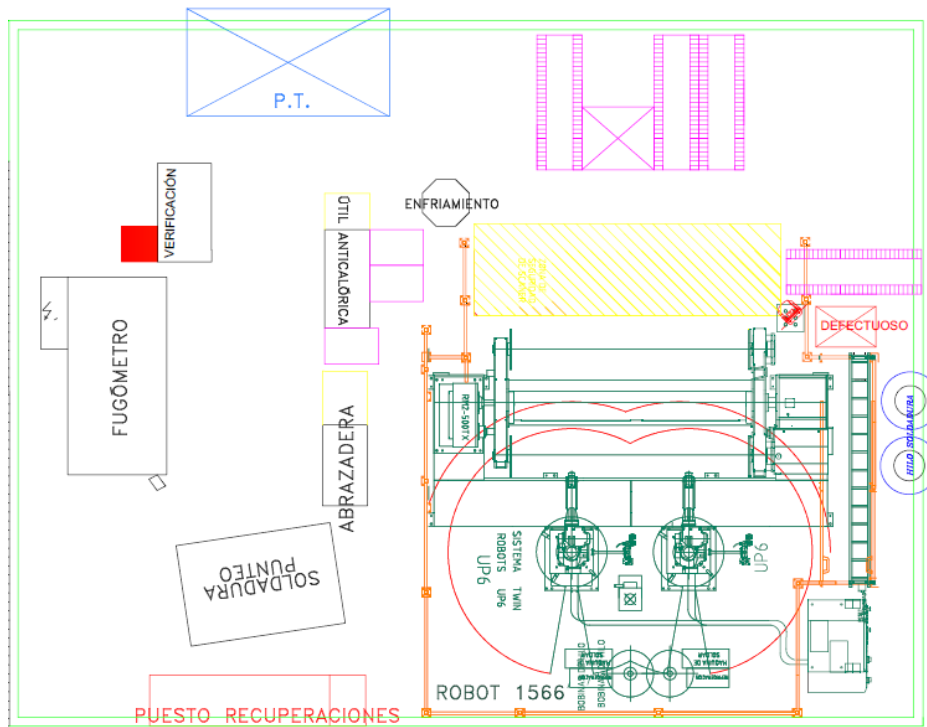


Fig 6.30 Lay out de la línea (5 de mayo)

En este caso, los soportes ya están fabricados y se están empleando en la línea. Sin embargo, no se pueden tomar tiempos del segundo operario, ya que sólo hay un operario trabajando en la línea. Las cajas de silentblocks todavía no se han podido sacar fuera del fugómetro.

El primer operario está de baja, por lo que el segundo tiene que realizar todo el proceso. No se pueden tomar tiempos, ya que sería una medida totalmente distorsionada, ya que el operario pierde el ritmo pasando de un puesto a otro. Además, el cansancio es mucho mayor, ya que realiza el doble de trabajo.

El día 11 de mayo el departamento de seguridad presenta los cálculos obtenidos para la valoración ergonómica de la línea para los dos operarios.

El índice obtenido a partir de los cálculos de ergonomía que se realizan tiene que ser inferior a 1 para que ergonómicamente el puesto sea aceptable. En los cálculos que se han realizado en una primera aproximación, el índice de levantamiento compuesto del puesto 1 sale inferior a 1 (0.60). Sin embargo, el índice del operario 2 sale superior a 1 (1.45).

El índice del operario 2 es intolerable, por lo que por parte del departamento de seguridad se establecen las siguientes pautas para que los cálculos ergonómicos sean correctos: se tiene que quitar al menos uno de los soportes (ya que los soportes hacen que el operario tenga que cargar el peso el doble de veces que si no estarían los soportes) y se deben bajar las alturas de la mesa de verificación y del fugómetro. Estas pautas se siguen para que los cálculos ergonómicos salgan bien. De esta manera, es necesario variar el método del operario

2 y tomarle tiempos.

Como se debe quitar un soporte de los dos que se propusieron para el operario 2, el método propuesto también varía en cierta medida. Se elige quitar el segundo soporte, el que está entre el fugómetro y la mesa de verificación. Así, la pieza se descargará desde el fugómetro directamente hasta la mesa de verificación. Se aumentan los pasos que el operario tiene que dar, pero como si no el método no es seguro, se tiene que dejar así. Se elige dejar el primer soporte porque es vital, ya que es el que está situado entre las dos máquinas automáticas y es el que permite que el proceso sea más rápido y sencillo.



Fig 6.31 Soporte instalado en el puesto 2

Por lo tanto, el método final que se propone para el operario 2 es el siguiente:

1. Carga de las anticalóricas y la pieza en el útil (primera mesa). Prensado de las anticalóricas.
2. Llevar la pieza a la mesa de la abrazadera. Colocar brida y planchar solapas de las anticalóricas.
3. Descargar pieza soldada al primer soporte y cargar la pieza de la mesa de la abrazadera en la máquina de soldadura por punteo.
4. Descargar la pieza del fugómetro directamente a la mesa de verificación y volver al primer soporte para cargar la pieza en el fugómetro.
5. Realizar verificaciones en la mesa de verificación.

6. Descargar pieza en contenedor y volver a empezar el ciclo.

Aparte de cambiar el método del operario quitando uno de los soportes, también se bajan las alturas del fugómetro y de la mesa de verificación para que los cálculos ergonómicos salgan dentro del límite.

En la línea, se le vuelve a explicar el nuevo método al operario, pero ya no queda tiempo para poder cogerle tiempos.

El 14 de mayo el departamento de seguridad presenta el informe definitivo de ergonomía de la línea, en cual los índices son correctos para los dos operarios. Por lo tanto, se da por bueno el método final del segundo operario.

Los índices de levantamiento compuesto obtenidos en la valoración final son de 0.60 para el operario 1 y de 0.96 para el operario 2. Como se puede ver, el operario 2 está rozando el límite, pero el resultado se acepta. El informe de la valoración ergonómica de la línea para el método definitivo se adjunta en el Anexo III.

Así, se vuelve a explicar el método al operario en la línea para que pueda ir cogiendo soltura con el mismo.

Finalmente, el 28 de mayo se toman tiempos del operario 2, de manera que se pueden completar las hojas de trabajo estandarizado, las cuales se adjuntan en el Anexo II.

Finalmente, el lay out con el que se trabaja es como el que se propuso en un principio, pero situando las tres cajas de anticalóricas detrás del útil de colocar las anticalóricas. La valoración ergonómica se hizo con un lay out algo diferente, pero dado que el orden de las operaciones en las que el operario carga la pieza, los cálculos ergonómicos no varían.

Tras la realización del estándar final, la línea queda prácticamente equilibrada, ya que para un ciclo de más de 150 segundos una diferencia que no llega a los 7 segundos no supone un gran desequilibrio. Con la configuración final, el cuello de botella sigue siendo el operario 2, pero su ciclo se ha reducido a 170.8 segundos. Por lo tanto, el tiempo ciclo del producto es de 170.8 segundos, suponiendo esto una producción de 21 piezas a la hora.

El lay out final de la línea es el siguiente:

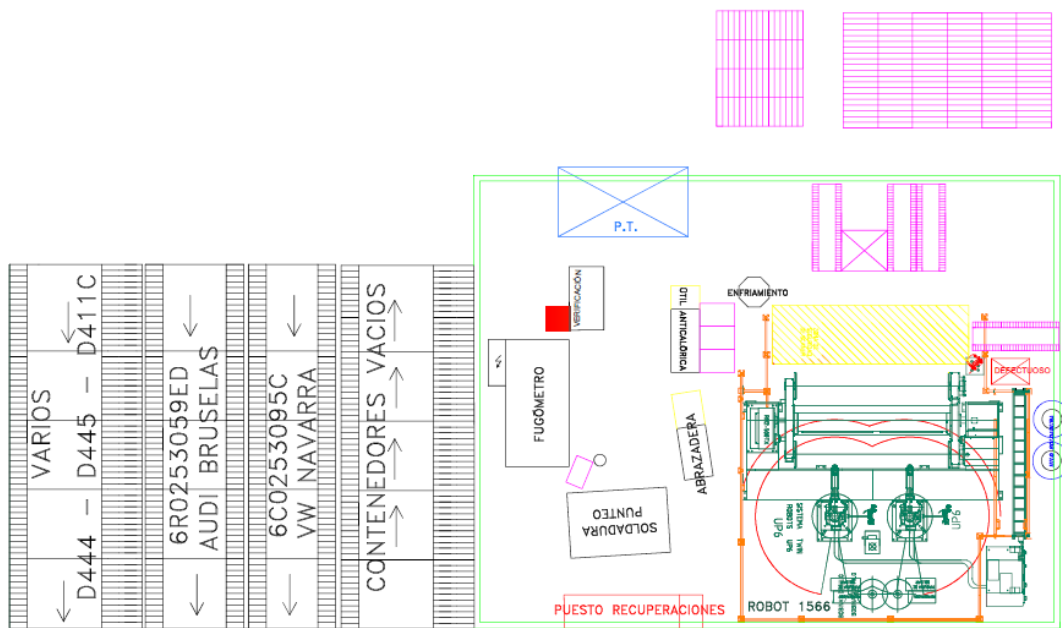


Fig 6.32 Lay out final de la línea

Una vez realizados los documentos de trabajo estándar, estos se presentan al equipo de dirección, el cual los acepta. Una vez que el equipo de dirección ha admitido el método, se procede a explicar el método de manera oficial a todos los operarios de la línea de todos los turnos, y se establece el estándar de trabajo para el modelo 1K0253058ML-V2. Las hojas de trabajo se colocan en la línea de producción para su consulta por parte de los operarios.

7. Resumen de resultados y conclusiones

7.1. Situación inicial:

No hay un método establecido en ninguno de los dos puestos, por lo que la variabilidad de los ciclos es muy alta (entre los distintos operarios y entre los ciclos de un mismo operario). Los ciclos medidos inicialmente quedan de la siguiente manera:

| SITUACIÓN INICIAL | Ciclo puro | Frecuenciales | Tiempo ciclo | Pzas/hora |
|-------------------|------------|---------------|--------------|------------|
| Operario 1 | 158'' | 22.4'' | 180.4'' | 19 (19.95) |
| Operario 2 | 240'' | 14.5'' | 254.5'' | 14 (14.14) |

Por lo tanto, el cuello de botella de la línea (el que limita la producción) en la situación inicial es el operario 2, estableciendo el siguiente tiempo ciclo y producción horaria:

| Tiempo ciclo | Piezas por hora |
|--------------|-----------------|
| 250.5'' | 14 |

El lay de la célula inicialmente era el siguiente:

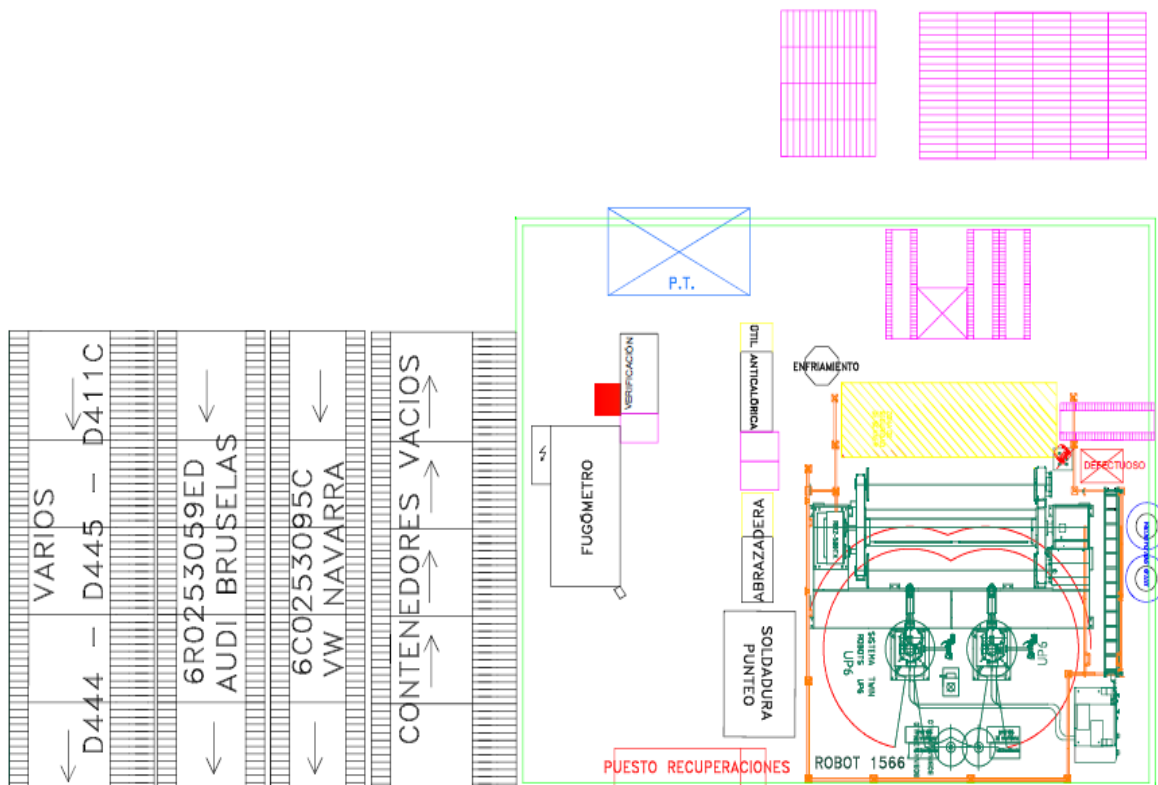


Fig 7.1 Lay out inicial

7.2. Situación final:

Tras realizar unos pequeños cambios de lay out (movimiento de la máquina de soldadura por punteo y distribución de las cajas de las anticalóricas) y establecer un método de trabajo para los dos operarios (incluyendo un soporte en el segundo puesto), la situación mejora notablemente.

Al final, los ciclos obtenidos son los siguientes:

| SITUACIÓN FINAL | Ciclo puro | Frecuenciales | Tiempo ciclo | Pzas/hora |
|-----------------|------------|---------------|--------------|-----------|
| Operario 1 | 141.7" | 22.4" | 164.1" | 21 (21.9) |
| Operario 2 | 156.3" | 14.5" | 170.8" | 21(21.1) |

En este caso, el cuello de botella sigue siendo el operario 2, pero prácticamente se ha conseguido equilibrar el ciclo de los dos operarios, estableciendo el siguiente ciclo y producción horaria:

| Tiempo ciclo | Piezas por hora |
|--------------|-----------------|
| 170.8 | 21 |

El lay out de la célula queda finalmente de la siguiente manera:

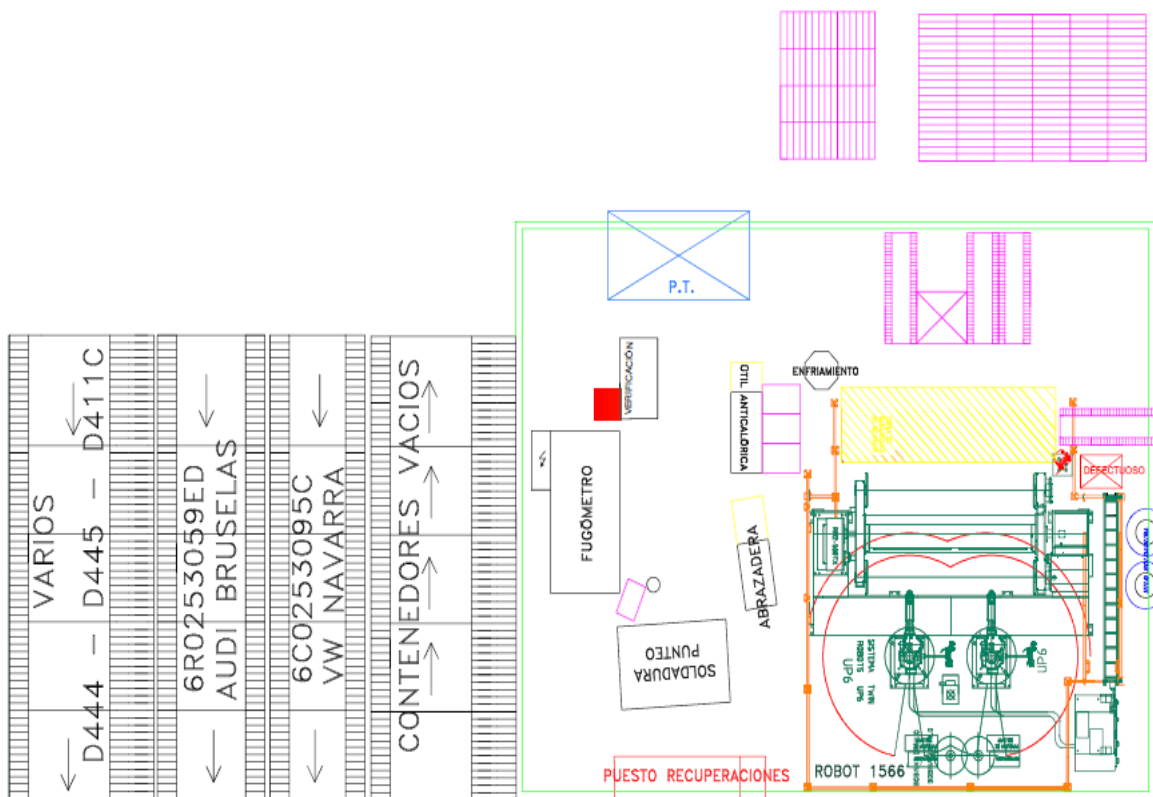


Fig 7.2 Lay out final

Como se ha podido ver, mediante la aplicación de pequeños cambios y el establecimiento de un método de trabajo para los dos operarios, se ha conseguido equilibrar la línea sin llevar a cabo grandes cambios.

Aunque en un principio parecía que sería necesario un nuevo reparto de tareas entre los dos operarios debido a la gran diferencia entre la duración de sus ciclos, se ha podido comprobar que mediante la aplicación de soluciones sencillas y fáciles de llevar a la práctica (pequeños cambios en el lay out y el establecimiento de un método que trabaja pieza a pieza), ha sido posible conseguir un buen equilibrado entre ambos operarios.

En el caso del primer operario, se ha conseguido reducir su tiempo ciclo de 180.4" a 164.1", acercándolo más al tiempo ciclo del robot (132"). En este caso, se ha conseguido que el operario monte la mesa A en un tiempo inferior al tiempo de soldadura de la mesa B (por debajo del tiempo robot). En el montaje de la mesa B, el operario trabaja por encima del tiempo de soldadura de la mesa A, pero se ha conseguido que esa diferencia sea mucho menor que en la situación inicial.

El cambio más notable se ha obtenido en el operario 2. Tras establecer un nuevo método en el que un soporte facilita la carga y descarga de las máquinas automáticas y planteando unos mínimos cambios en el lay out del puesto, se ha conseguido reducir el tiempo ciclo del operario 2 de 254.5" a 170.8", suponiendo esto una reducción del ciclo del 32.9%.

De esta manera, se ha pasado de una situación inicial en la que como máximo se obtenían 14 piezas/hora de producción a una situación en la que se producen 21 piezas/hora. De esta manera, se ha conseguido un incremento de la productividad de la línea del 50%, manteniendo y mejorando los estándares de calidad y seguridad que se exigen para la línea.

| Situación inicial | Situación final | Incremento de la productividad |
|-------------------|-----------------|--------------------------------|
| 14 piezas/hora | 21 piezas/hora | 50% |

Cabe comentar que, aunque se ha conseguido equilibrar el trabajo en la línea, el tiempo ciclo sigue quedando lejos del Takt Time (112.35"). En el caso de esta modelo, es imposible llegar al Takt Time, ya que sólo el tiempo máquina es superior a éste (132"). Esto tampoco supone un mayor problema, ya que en los modelos de más alto volumen se trabaja muy por debajo del Takt Time (un minuto menos por ciclo), lo que permite que el resto de modelos puedan trabajar por encima del mismo. Sin embargo, en el momento que las demandas cambien o suban y el Takt Time baje, será necesario volver a reequilibrar la línea para estos modelos.

8. Bibliografía

1. Documentación y formación facilitada por la empresa.
2. MONDEN, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time (4th Edition)*. Productivity Press (CRC Press).
3. FELD, W. F. (2000). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*. CRC Press.
4. LIEKER, J. K. (2010). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*. Gestión 2000.
5. HERNÁNDEZ, J.C., VIZÁN, A. (2013). *Lean Manufacturing: Concepto, técnicas e implantación*. Escuela de Organización Industrial. <<http://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80094/lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>> [Consulta: 14/04/2015].

ANEXO I: DOCUMENTACIÓN ANTERIOR

Operario 1:

Hoja de medida de tiempos

Tabla de Combinación de Tareas

Esquema de Tareas Estándar

MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2
 PROCESO: SOLDADURA ROBOT
 FECHA: 26/02/2015

OPERARIO N°: 1
 ANALIZADO POR: D. Moldes e I. Iturri
 NOMBRE DEL OPERARIO: I. Mercapide

CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 2

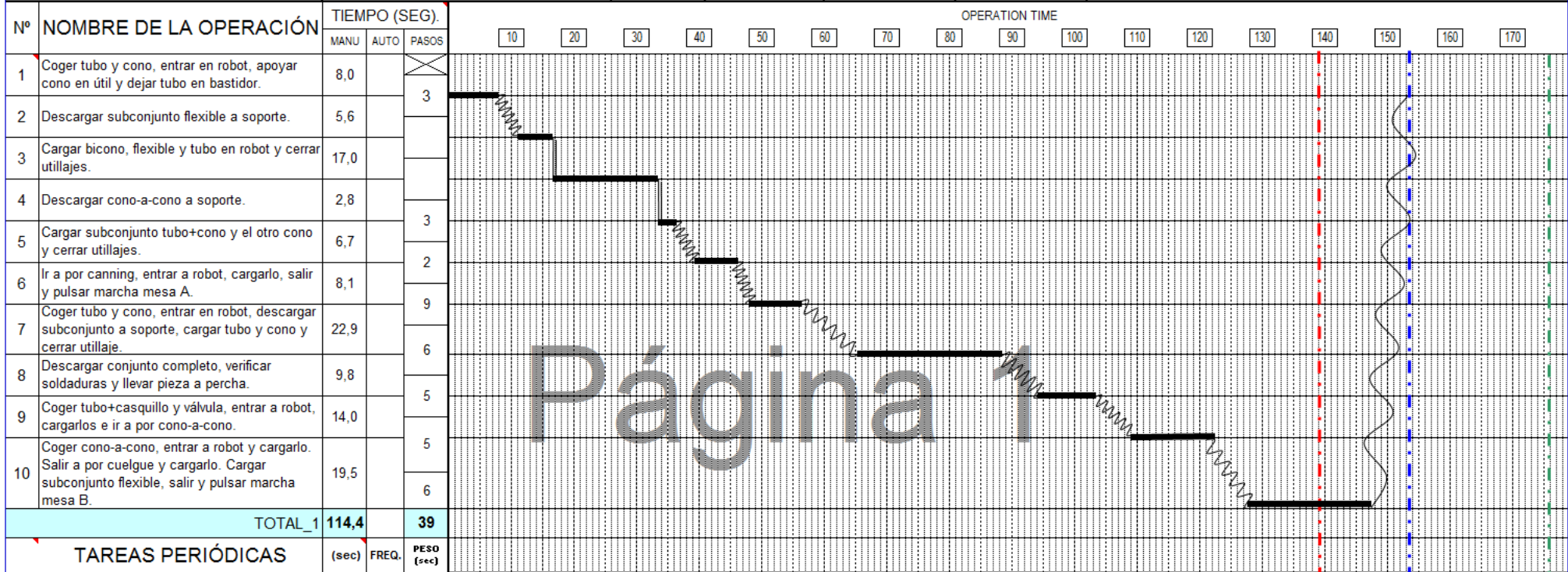
HORA: Mañana

| Nº | TAREAS ELEMENTALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Aver. | Min | Max | V % |
|-------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|---------|
| 1 | PM: Pulsar marcha mesa B Aprov tubo y cono y entrar a robot | 11,4 | 10,8 | 10,4 | 12,9 | 11 | 11,3 | 10,8 | 11,1 | 11,7 | 10,5 | 12 | 13,1 | 10,4 | 10,8 | | | | | | | 11,3 | 10,4 | 13,1 | 25,96% |
| 2 | PM: Apoyar tubo en bastidor Descargar subc flexible a soporte | 4,9 | 4,7 | 5,4 | 5,8 | 5,6 | 8 | 5,2 | 5,5 | 5,5 | 6,2 | 6 | 6 | 5,2 | 6,9 | | | | | | | 5,779 | 4,7 | 8 | 70,21% |
| 3 | PM: Apoyar subc flexible en soporte Cargar componentes subc flexible | 22 | 14,2 | 14,3 | 15,7 | 17 | 12,1 | 18,6 | 17,2 | 14,4 | 16,3 | 12,8 | 13 | 21,9 | 17,8 | | | | | | | 16,24 | 12,1 | 22 | 81,82% |
| 4 | PM: Apretar última palanca Descargar cono-a-cono | 7,3 | 5,3 | 5,9 | 6,7 | 5,8 | 5,5 | 6,5 | 5,6 | 6,6 | 6,4 | 5,5 | 6,4 | 6,3 | 6,6 | | | | | | | 6,154 | 5,3 | 7,3 | 37,74% |
| 5 | PM: Apoyar cono-a-cono en soporte Cargar conos | 9,3 | 8,9 | 20,4 | 9,3 | 8,7 | 9,9 | 8,8 | 8,4 | 8,4 | 7,9 | 8,6 | 10,3 | 16,5 | 11,8 | | | | | | | 10,51 | 7,9 | 20,4 | 158,23% |
| 6 | PM: Apretar última palanca Cargar canning | 23 | 20,4 | 20,1 | 32,5 | 17,1 | 16,9 | 18,2 | 43,7 | 17,8 | 19,1 | 26 | 24,6 | 10,1 | 24,3 | | | | | | | 22,41 | 10,1 | 43,7 | 332,67% |
| 7 | PM: Pulsar marcha mesa A Descarga y carga subc tubo+cono | 21,8 | 25,8 | 23,5 | 22,6 | 28,9 | 29,1 | 27,3 | 27,6 | 28,3 | 26,2 | 23,5 | 27,7 | 28,0 | 28,3 | | | | | | | 26,32 | 21,8 | 29,1 | 33,49% |
| 8 | PM: Apretar última palanca Descargar conjunto completo | 15 | 15,9 | 16 | 16,4 | 14,8 | 15,2 | 12,7 | 14,8 | 22 | 19,1 | 19,8 | 19,2 | 19,7 | 20,1 | | | | | | | 17,19 | 12,7 | 22 | 73,23% |
| 9 | PM: Colgar en percha Cargar tubo+casq y válvula | 21,9 | 21,1 | 20,3 | 45,6 | 19 | 18,8 | 19,5 | 38,5 | 19,7 | 20 | 19,3 | 29,7 | 29,7 | 30,6 | | | | | | | 25,26 | 18,8 | 45,6 | 142,55% |
| 10 | PM: Tocar cono-a-cono Cargar cono-a-cono, cuelgue y subc flexible | 28,4 | 25,7 | 27,2 | 32,4 | 25,5 | 27,7 | 32,2 | 23,4 | 24,2 | 62,1 | 27,2 | 37,1 | 38,1 | 39,2 | | | | | | | 32,17 | 23,4 | 62,1 | 165,38% |
| 11 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO CICLO (CT) | | 165 | 152,8 | 163,5 | 199,9 | 153,4 | 154,5 | 159,8 | 195,8 | 158,6 | 187,4 | 160,7 | 187 | 185,8 | 196,4 | | | | | | | 172,9 | 152,8 | 199,9 | |
| CT SIN ESPERAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | d | | | | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | | e | | | | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | | f | | | | | | | | | | | | | |
| c | | | | | | | | | | | g | | | | | | | | | | | | | |

Página 1

| | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------|-------------|-------------|----------|
| DESCRIPCION: SOLDADURA ROBOT | OPERARIO N°: 1 | TAKT TIME: | 139 | GAP Leader: | Supervisor: | Calidad: |
| REFERENCIA: 1K0253058ML-V2 | ANALIZADO POR: D. Moldes e I. Iturri | CONFIG: | 2 | C. Araque | C. Zubieta | C. Sanz |
| | NOMBRE OP: I. Mercapide | Revisión: FECHA: | 26/02/2015 | / / | / / | / / |



Página 1

| TAREAS PERIÓDICAS | | (sec) | FREQ. | PESO (sec) |
|-----------------------------------|--|-------|-------|------------|
| A | Cambiar caja de cuelgues | 10 | 25 | 0,4 |
| B | Cambiar caja de conos | 7 | 10 | 0,7 |
| C | Cambiar caja de válvulas | 17 | 8 | 2,1 |
| D | Cambiar caja de flexibles | 10 | 8 | 1,3 |
| E | Cambiar caja de biconos | 15 | 24 | 0,6 |
| F | Quitar cartón a caja de biconos | 7 | 8 | 0,9 |
| G | Cambiar carro de cannings | 152 | 80 | 1,9 |
| H | Cambiar caja de tubo delantero | 15 | 27 | 0,6 |
| I | Cambiar caja de tubo intermedio | 15 | 27 | 0,6 |
| J | Cambiar caja de tubo de salida | 15 | 12 | 1,3 |
| K | Imprimir etiqueta | 45 | 12 | 3,8 |
| L | Cambiar contenedor de producto terminado | 60 | 12 | 5,0 |
| M | Cambio de boquilla | 120 | 120 | 1,0 |
| N | Rellenar DCS | 120 | 50 | 2,4 |
| TOTAL_2 | | 22,4 | | |
| TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2) | | 175,8 | | |
| PIEZAS POR HORA | | 20,5 | | |

COMENTARIOS:

SYMBOLS: - MANUAL: [Solid line] AUTO: [Dashed line] WALK: [Wavy line] ESPERA: [Horizontal bar]

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2

OPERARIO Nº: 1

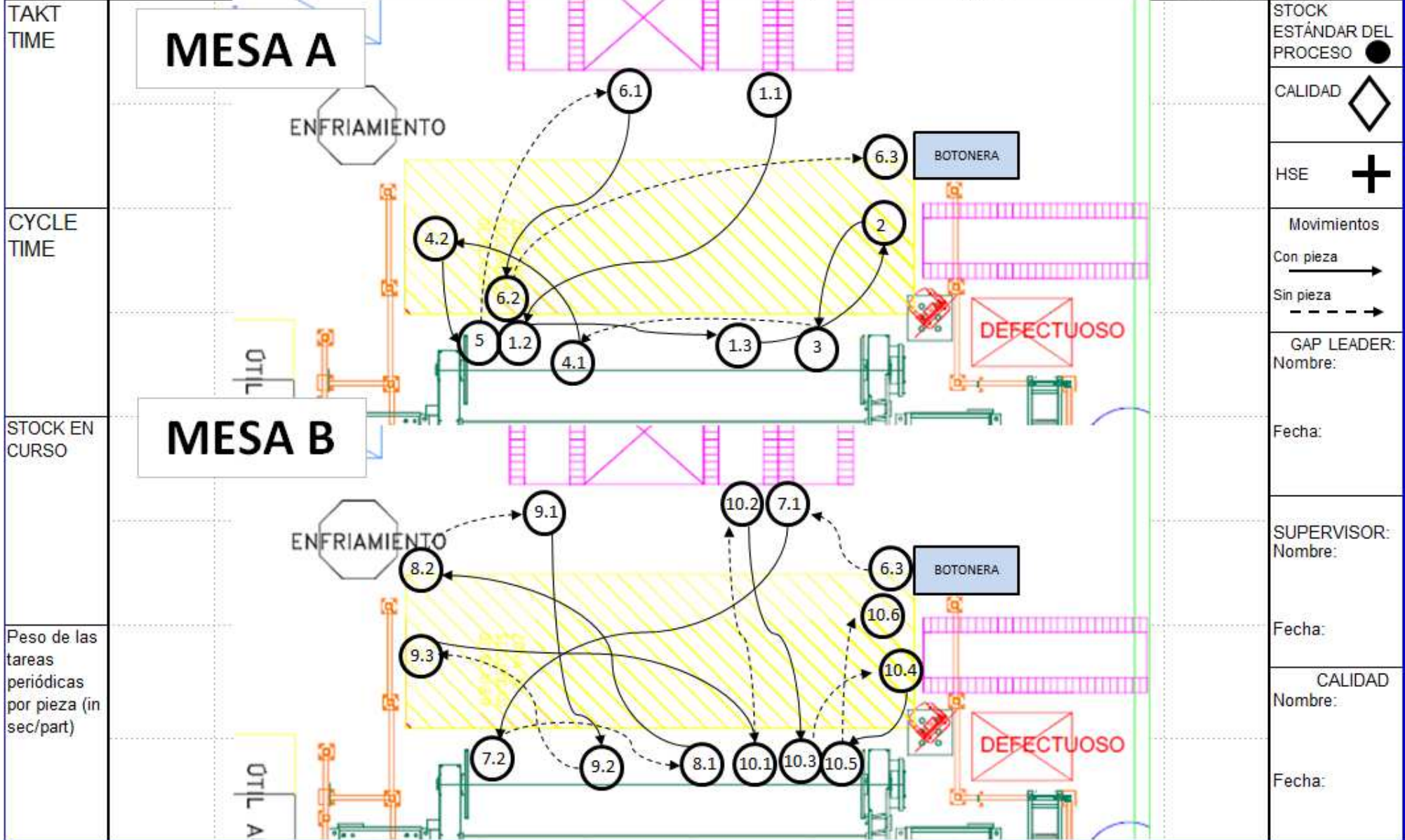
OPERACIONES Desde:

Nº REV.:

PROCESO: SOLDADURA ROBOT

Hasta:

FECHA: 26/02/2015



ANEXO II: HOJAS DE MEDIDA DE TIEMPOS, DOCUMENTOS DE TRABAJO ESTANDARIZADO Y PDCA ABIERTO EN EL HOSHIN

Operario 1:

Hoja de medida de tiempos

Tabla de Combinación de Tareas

Esquema de Tareas Estándar

Operario 2:

Hoja de medida de tiempos

Tabla de Combinación de Tareas

Esquema de Tareas Estándar

PDCA abierto en el Hoshin

MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2
 PROCESO: SOLDADURA ROBOT
 FECHA: 09/04/2015

OPERARIO N°: 1
 ANALIZADO POR: J. Bodón, D. Moldes e I. Iturri
 NOMBRE DEL OPERARIO: A. Villadóniga

CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 2

HORA: Mañana

| N° | TAREAS ELEMENTALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Aver. | Min | Max | V % |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|---------|
| 1 | PM: Marcha A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprovisionamiento tubo, cono y cuelgue | 5,6 | 4,6 | 6,5 | 5,0 | 5,0 | 9,0 | 4,3 | 3,5 | 8,5 | 4,9 | 4,3 | 6,3 | | | | | | | | | 5,625 | 3,5 | 9 | 157,14% |
| 2 | PM: toca último componente | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | espera | 12,0 | 9,0 | 10,0 | 12,1 | 10,7 | 12,5 | 10,2 | 4,0 | 12,2 | 9,0 | 10,0 | 12,3 | | | | | | | | | 10,33 | 4 | 12,5 | 212,50% |
| 3 | PM: Apertura utillaje | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Descargar tubo-cono | 5,8 | 7,0 | 5,7 | 6,3 | 7,8 | 5,3 | 5,5 | 6,2 | 7,1 | 6,9 | 7,0 | 6,6 | | | | | | | | | 6,433 | 5,3 | 7,8 | 47,17% |
| 4 | PM: Soltar en gancho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargar tubo cono | 8,2 | 8,7 | 8,6 | 8,4 | 8,9 | 10,4 | 9,7 | 9,9 | 8,0 | 9,0 | 9,4 | 10,2 | | | | | | | | | 9,117 | 8 | 10,4 | 30,00% |
| 5 | PM: Tocar ML | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Descargar a percha | 9,0 | 12,7 | 8,9 | 9,8 | 10,6 | 11,7 | 10,2 | 9,1 | 8,8 | 11,1 | 11,8 | 10,3 | | | | | | | | | 10,33 | 8,8 | 12,7 | 44,32% |
| 6 | PM: Soltar en percha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargar válvula y tubos | 17,8 | 13,7 | 16,9 | 15,6 | 18,0 | 17,1 | 17,4 | 17,0 | 15,4 | 17,1 | 16,4 | 47,7 | | | | | | | | | 19,18 | 13,7 | 47,7 | 248,18% |
| 7 | PM: Tocar subconjunto canning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargarlo y cargar patilla | 10,0 | 11,3 | 9,0 | 9,7 | 11,3 | 9,7 | 10,0 | 10,6 | 9,8 | 10,7 | 10,6 | 8,9 | | | | | | | | | 10,13 | 8,9 | 11,3 | 26,97% |
| 8 | PM: Tocar subconjunto flexible | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargarlo | 12,2 | 12,6 | 12,2 | 15,8 | 12,8 | 12,2 | 11,9 | 13,8 | 22,1 | 14,1 | 14,2 | 14,2 | | | | | | | | | 14,01 | 11,9 | 22,1 | 85,71% |
| 9 | PM: Pulsar marcha B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Aprovisionamiento tubo y cono | 4,4 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 4,5 | 4,1 | 4,3 | 3,5 | 3,6 | 3,9 | 4,0 | 4,4 | | | | | | | | | 4,067 | 3,5 | 4,5 | 28,57% |
| 10 | PM: Tocar último | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Espera | 4,0 | 4,0 | 5,9 | 6,3 | 4,5 | 5,0 | 23,0 | 64,1 | 12,5 | 4,2 | 6,3 | 4,5 | | | | | | | | | 12,03 | 4 | 64,1 | ##### |
| 11 | PM: Apertura útil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Entrar y descargar subconjunto canning | 9,6 | 10,5 | 8,0 | 5,9 | 5,6 | 8,2 | 7,0 | 9,2 | 9,3 | 9,5 | 6,1 | 8,8 | | | | | | | | | 8,142 | 5,6 | 10,5 | 87,50% |
| 12 | PM: Apoyar en soporte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargar conos y salir | 10,8 | 11,2 | 10,9 | 10,5 | 11,1 | 11,2 | 10,7 | 13,3 | 9,7 | 10,5 | 10,3 | 10,1 | | | | | | | | | 10,86 | 9,7 | 13,3 | 37,11% |
| 13 | PM: Tocar canning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargar canning y descargar subc. Flexible | 15,1 | 12,7 | 12,3 | 11,9 | 13,4 | 14,0 | 11,6 | 11,7 | 13,8 | 14,3 | 12,3 | 13,3 | | | | | | | | | 13,03 | 11,6 | 15,1 | 30,17% |
| 14 | PM: Apoyar en soporte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cargar subc. Canning | 19,2 | 19,8 | 16,9 | 20,4 | 17,6 | 17,9 | 19,9 | 18,6 | 21,3 | 20,2 | 19,4 | 22,2 | | | | | | | | | 19,45 | 16,9 | 22,2 | 31,36% |
| 15 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO CICLO (CT) | | 143,7 | 141,9 | 135,8 | 141,7 | 141,8 | 148,3 | 155,7 | 194,5 | 162,1 | 145,4 | 142,1 | 179,8 | | | | | | | | | 152,7 | 135,8 | 194,5 | |
| CT SIN ESPERAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Página 1

OBSERVACIONES

a 8 --> Problema en la soldadura de la mesa A

b

c

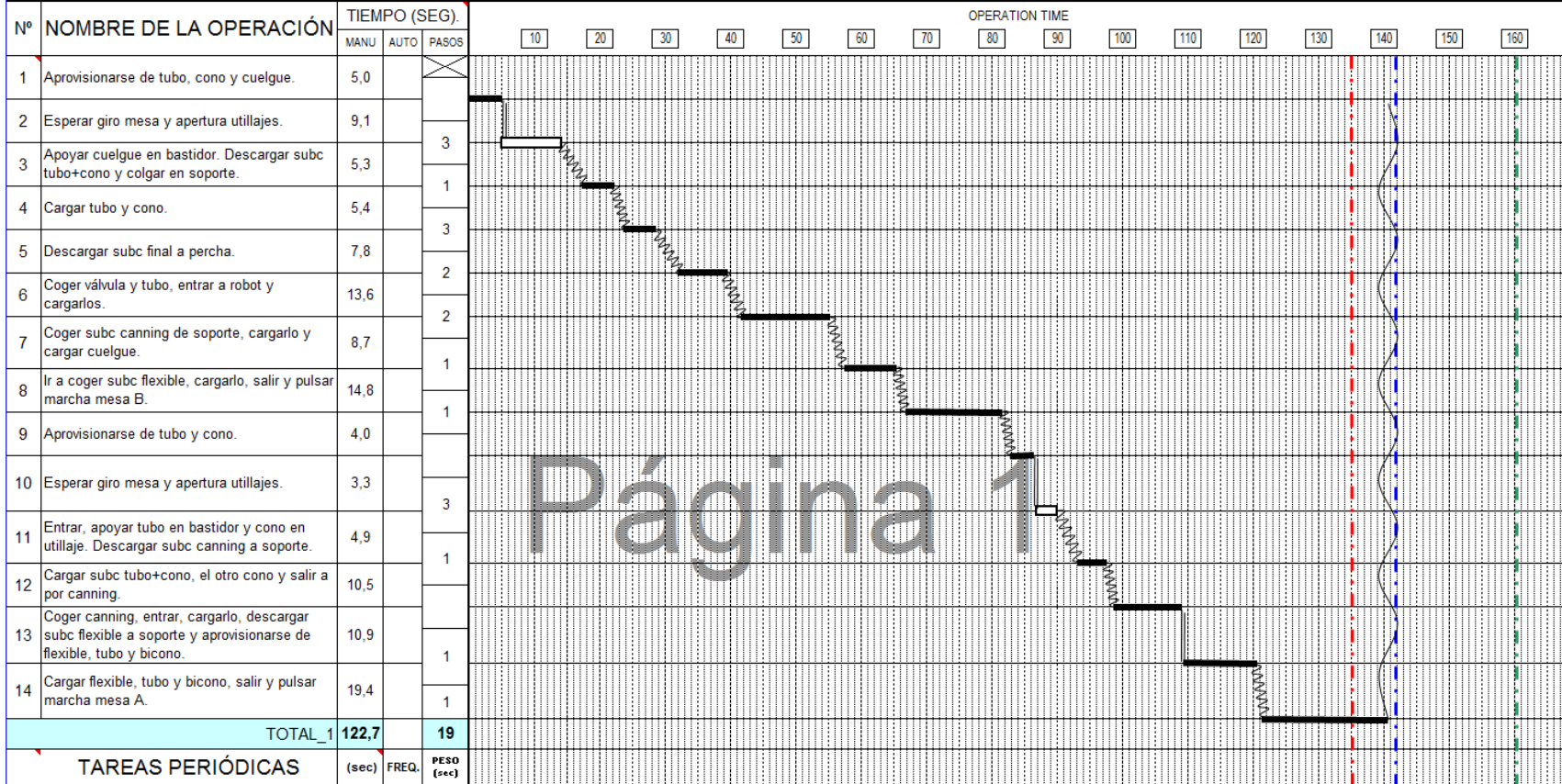
d

e

f

g

| | | | | | |
|------------------------------|--|---------------------------------|-------------|-------------|----------|
| DESCRIPCION: SOLDADURA ROBOT | OPERARIO N°: 1 | TAKT TIME: 125 | GAP Leader: | Supervisor: | Calidad: |
| REFERENCIA: 1K0253058ML-V2 | ANALIZADO POR: J. Bodón, D. Moldes e I. Iturri | CONFIG: 2 | C. Araque | C. Zubieta | C. Sanz |
| | NOMBRE OP: A. Villadóniga | Revisión: +FECHA: 09/04/2015 | / / | / / | / / |



Página 1

| TAREAS PERIÓDICAS | | | | |
|--|--|--------------|------------|-----|
| | (sec) | FREQ. | PESO (sec) | |
| A | Cambiar caja de cuelgues | 10 | 25 | 0,4 |
| B | Cambiar caja de conos | 7 | 10 | 0,7 |
| C | Cambiar caja de válvulas | 17 | 8 | 2,1 |
| D | Cambiar caja de flexibles | 10 | 8 | 1,3 |
| E | Cambiar caja de biconos | 15 | 24 | 0,6 |
| F | Quitar cartón a caja de biconos | 7 | 8 | 0,9 |
| G | Cambiar carro de cannings | 152 | 80 | 1,9 |
| H | Cambiar caja de tubo delantero | 15 | 27 | 0,6 |
| I | Cambiar caja de tubo intermedio | 15 | 27 | 0,6 |
| J | Cambiar caja de tubo de salida | 15 | 12 | 1,3 |
| K | Imprimir etiqueta | 45 | 12 | 3,8 |
| L | Cambiar contenedor de producto terminado | 60 | 12 | 5,0 |
| M | Cambio de boquilla | 120 | 120 | 1,0 |
| N | Rellenar DCS | 120 | 50 | 2,4 |
| TOTAL_2 | | 22,4 | | |
| TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2) | | 164,1 | | |
| PIEZAS POR HORA | | 21,9 | | |

COMENTARIOS:

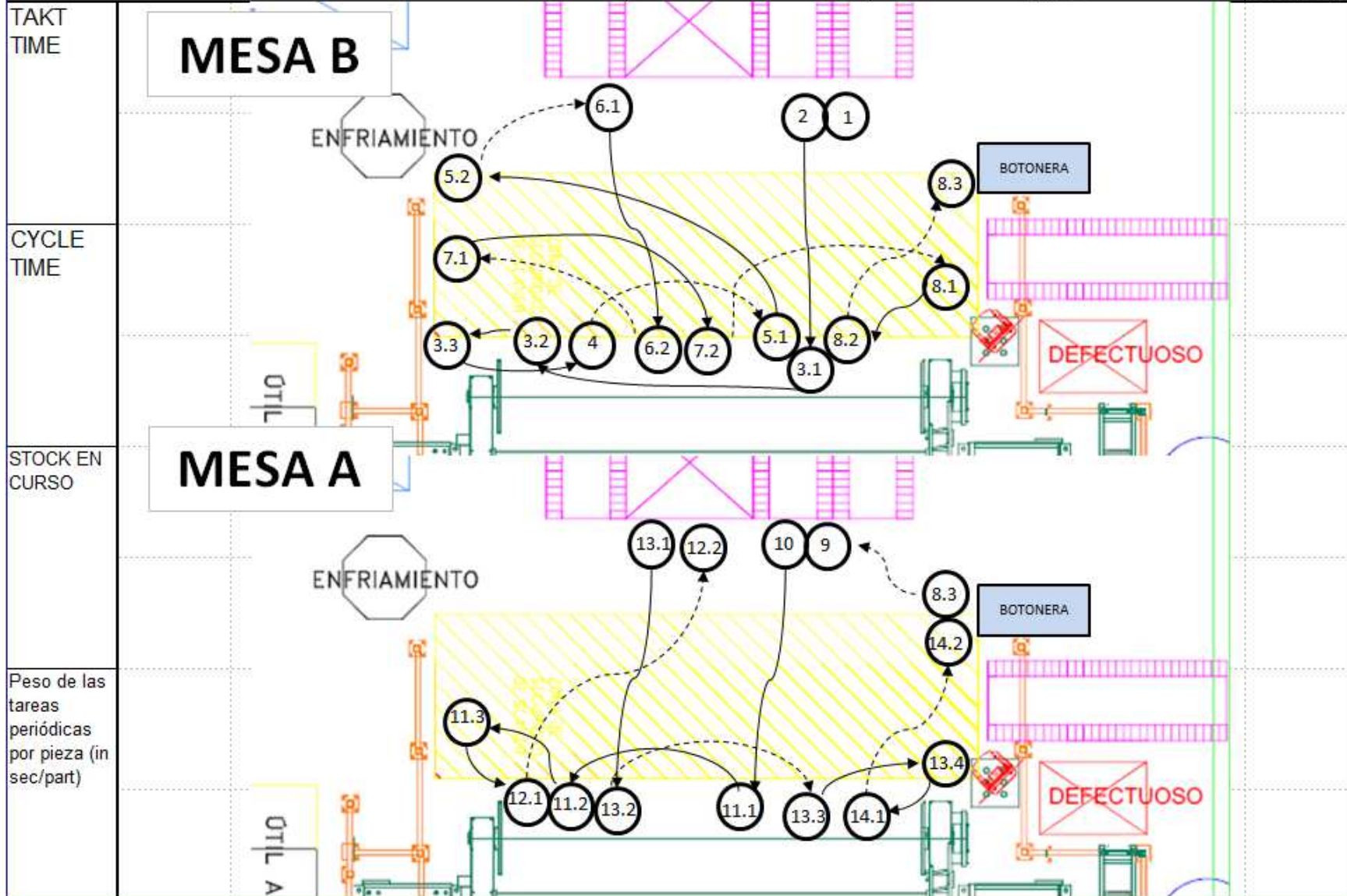
SYMBOLS: - MANUAL: [Solid line] AUTO: [Dashed line] WALK: [Wavy line] ESPERA: [Horizontal bar]

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2
PROCESO: SOLDADURA ROBOT

OPERARIO Nº: 1

OPERACIONES Desde:
Hasta:

Nº REV.:
FECHA: 09/04/2015



STOCK ESTÁNDAR DEL PROCESO ●

CALIDAD ◇

HSE +

Movimientos
Con pieza →
Sin pieza - - - - -

GAP LEADER:
Nombre:

Fecha:

SUPERVISOR:
Nombre:

Fecha:

CALIDAD
Nombre:

Fecha:

TAKT TIME

CYCLE TIME

STOCK EN CURSO

Peso de las tareas periódicas por pieza (in sec/part)

MEDIDA DEL TIEMPO CICLO(MTC/MCT)

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2
 PROCESO: ANTICALÓRICAS + FUGÓMETRO + VERIFICACIÓN FINAL
 FECHA: 28/05/2015 HORA: mañana

OPERARIO N°: 2
 ANALIZADO POR: I. Iturri
 NOMBRE DEL OPERARIO: M. Flamarique

CONFIGURACIÓN (N° OPERARIOS): 2

| N° | TAREAS ELEMENTALES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | Aver. | Min | Max | V % | |
|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--|
| 1 | PM: Tocar anticalórica apretar anticalóricas a pieza | 41,1 | 43,7 | 44,8 | 44,3 | 43,5 | 41,8 | 42,7 | 41,8 | 41,5 | 41,9 | 43,8 | 48,3 | 47,3 | 49,0 | 49,3 | 42,7 | 50,5 | 45,3 | 45,2 | 42,3 | 44,54 | 41,1 | 50,5 | 22,87% | |
| 2 | PM: Coger pieza+anticalóricas llevar a mesa planchado | 5,3 | 5,1 | 6,0 | 5,5 | 6,1 | 5,3 | 5,5 | 6,2 | 5,0 | 6,0 | 5,6 | 6,2 | 5,2 | 6,4 | 6,3 | 5,5 | 5,6 | 5,6 | 5,9 | 6,1 | 5,72 | 5 | 6,4 | 28,00% | |
| 3 | PM: Apretar palanca de fijación colocar brida | 17,0 | 17,9 | 17,7 | 17,2 | 17,6 | 21,6 | 18,3 | 17,5 | 18,0 | 19,3 | 16,6 | 17,3 | 18,7 | 17,5 | 18,9 | 18,0 | 18,6 | 18,9 | 17,2 | 19,6 | 18,17 | 16,6 | 21,6 | 30,12% | |
| 4 | PM: Soltar herramienta brida planchar solapas anticalóricas | 18,0 | 16,6 | 17,8 | 18,0 | 20,8 | 19,3 | 20,8 | 21,3 | 22,9 | 22,7 | 17,1 | 22,3 | 23,6 | 21,2 | 18,2 | 20,8 | 22,4 | 20,2 | 23,7 | 21,1 | 20,44 | 16,6 | 23,7 | 42,77% | |
| 5 | PM: Soltar planchadora descarga+carga soldadura punteo | 19,2 | 18,9 | 18,7 | 17,5 | 20,3 | 18,8 | 19,8 | 19,3 | 18,4 | 20,9 | 17,8 | 21,1 | 20,5 | 22,8 | 23,5 | 22,3 | 19,7 | 20,4 | 19,2 | 19,0 | 19,91 | 17,5 | 23,5 | 34,29% | |
| 6 | PM: Pulsar macha punteo pegatina DM, leerlos y llevar a mesa ver | 13,1 | 13,3 | 11,4 | 13,4 | 10,8 | 11,6 | 15,4 | 11,5 | 11,8 | 11,3 | 10,9 | 14,5 | 12,8 | 12,2 | 12,6 | 11,4 | 15,3 | 12,4 | 12,7 | 12,6 | 12,55 | 10,8 | 15,4 | 42,59% | |
| 7 | PM: Soltar pieza en mesa verificación cargar fugómetro | 12,6 | 12,9 | 12,2 | 13,0 | 17,0 | 13,7 | 16,3 | 12,5 | 14,0 | 14,3 | 12,6 | 14,7 | 13,5 | 15,6 | 12,5 | 13,0 | 14,5 | 13,1 | 13,0 | 13,2 | 13,71 | 12,2 | 17 | 39,34% | |
| 8 | PM: Pulsar marcha fugómetro verificar pieza | 20,3 | 22,9 | 22,2 | 24,1 | 23,8 | 33,3 | 23,1 | 34,5 | 31,3 | 30,7 | 28,6 | 28,6 | 32,7 | 27,3 | 36,1 | 30,4 | 36,3 | 28,6 | 42,3 | 32,9 | 29,5 | 20,3 | 42,3 | 108,37% | |
| 9 | PM: Descargar pieza en contenedor ir a por anticalórica | 4,3 | 5,3 | 7,5 | 3,3 | 4,1 | 3,9 | 9,2 | 3,2 | 3,5 | 4,5 | 5,1 | 3,1 | 3,0 | 3,8 | 3,5 | 3,2 | 3,7 | 4,5 | 3,5 | 3,7 | 4,295 | 3 | 9,2 | 206,67% | |
| 10 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | PM: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TIEMPO CICLO (CT) | | 150,9 | 156,6 | 158,3 | 156,3 | 164,0 | 169,3 | 171,1 | 167,8 | 166,4 | 171,6 | 158,1 | 176,1 | 177,3 | 175,8 | 180,9 | 167,3 | 186,6 | 169,0 | 182,7 | 170,5 | 168,8 | 150,9 | 186,6 | | |
| CT SIN ESPERAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| OBSERVACIONES | | | | | | | | | | | d | | | | | | | | | | | | | | | |
| a | | | | | | | | | | | | e | | | | | | | | | | | | | | |
| b | | | | | | | | | | | | f | | | | | | | | | | | | | | |
| c | | | | | | | | | | | | g | | | | | | | | | | | | | | |

DESCRIPCION: ANTICALÓRICAS + FUGÓMETRO + VERIFICACIÓN FINAL

OPERARIO N°: 2
ANALIZADO POR: I.Iturri
NOMBRE OP: M. Flamarique

TAKT TIME: **112,35"**
CONFIG: **2**
Revisión: / /
FECHA: 28/05/2015

GAP Leader: J.C.García
Supervisor: P.L. Jiménez

Calidad: C. Sanz

REFERENCIA: 1K0253058ML-V2

| Nº | NOMBRE DE LA OPERACIÓN | TIEMPO (SEG.) | | | OPERATION TIME | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|-------|-------------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | MANU | AUTO | PASOS | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 |
| 1 | Colocar anticalórica 1 en útil, coger pieza de percha y apoyarla en útil, colocar anticalóricas a pieza y cerrar solapas en utiliaie. | 44,3 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Llevar pieza a mesa de planchado y fijar pieza. | 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Colocar brida a la pieza, apretarla y cortar sobrante con la herramienta. | 17,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Planchar solapas de las anticalóricas con la herramienta. | 18,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Descargar pieza de robot de soldadura por punteo a soporte, volver a mesa de planchado, cargar pieza en robot y pulsar marcha. | 14,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Ir a fugómetro, colocar DM, leer DM y canning con pistola y descargar pieza a mesa de verificaciones. | 5,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Volver al fugómetro, cargar pieza de soporte a fugómetro, cargar silentblock y pulsar marcha. | 13,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Verificar rosca, proyecciones y descargar pieza en contenedor. | 19,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Ir a útil y coger anticalórica 1. | 0,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | 3,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_1 | | 134,0 | | 22,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TAREAS PERIÓDICAS | | (sec) | FREQ. | PESO (sec) | COMENTARIOS: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | Cambio contenedor de producto terminado | 60 | 12 | 5,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | Cambiar caja de anticalóricas 1 | 30 | 32 | 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | Cambiar caja de anticalóricas 2 | 30 | 60 | 0,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | Cambiar caja de anticalóricas 3 | 30 | 200 | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | Cambiar caja de silentblocks | 25 | 40 | 0,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | Abrir bolsa de bridas | 10 | 100 | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | Poner cartón en contenedor | 10 | 6 | 1,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | Poner cuadrícula para dos piezas | 3 | 2 | 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | Poner cartón separador a dos piezas | 2 | 2 | 1,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | Rellenar DCS | 90 | 30 | 3,0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL_2 | | 14,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL POR PZA (Total_1 + Total_2) | | 170,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PIEZAS POR HORA | | 21,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SYMBOLS: - MANUAL: AUTO: WALK: ESPERA:

ESQUEMA DE TAREAS ESTANDARD (ETE/SWC) CONFIGURACIÓN: (Nº OPERARIOS)

PRODUCTO: 1K0253058ML-V2

OPERARIO N°:

OPERACIONES Desde:

Nº REV.:

PROCESO: Anticalóricas + fugómetro + verificación final

2/2

Hasta:

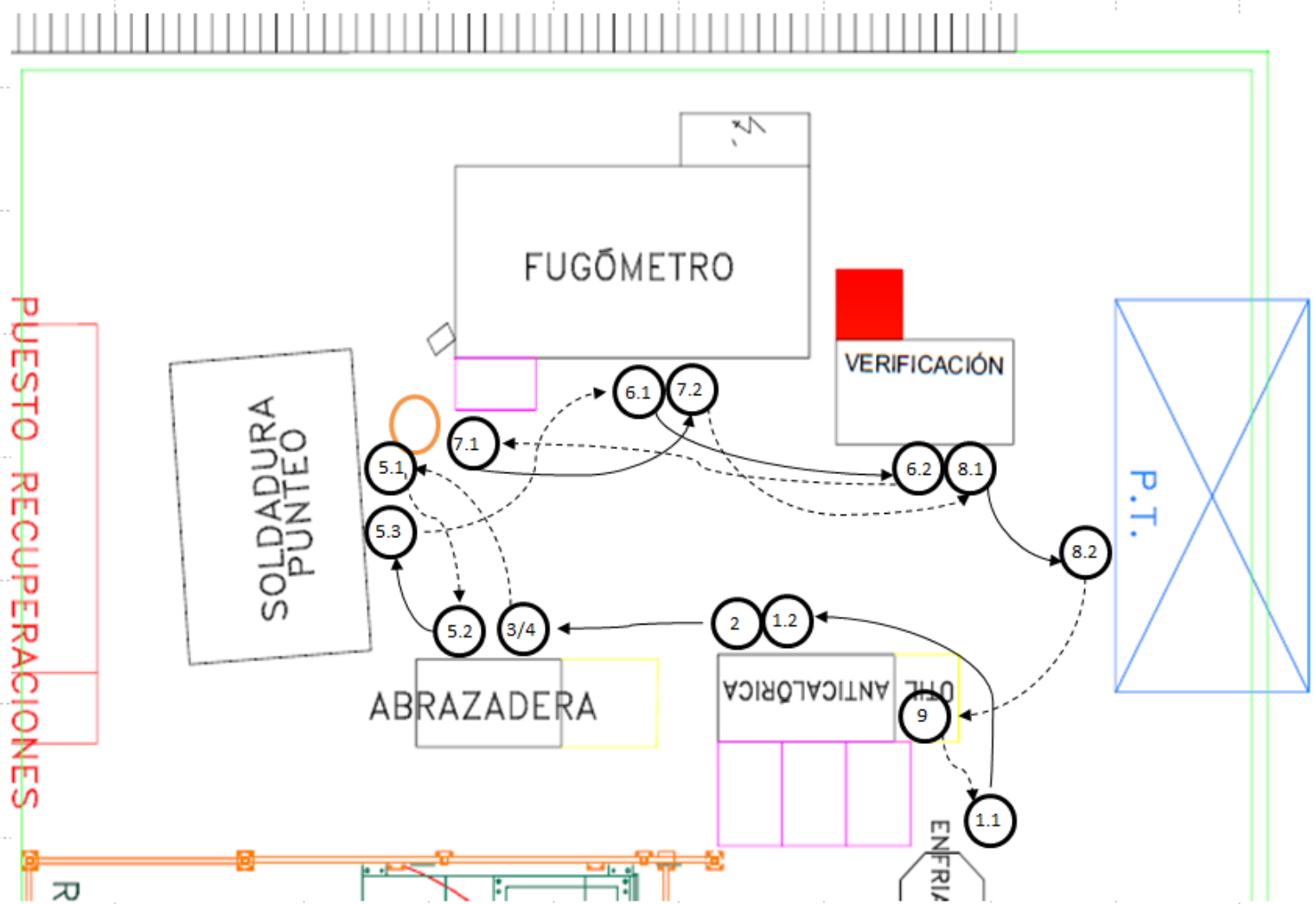
FECHA: 28/05/2015

TAKT TIME

CYCLE TIME

STOCK EN CURSO

Peso de las tareas periódicas por pieza (in sec/part)



STOCK ESTÁNDAR DEL PROCESO ●

CALIDAD ◇

HSE +

Movimientos
Con pieza →
Sin pieza - - - →

GAP LEADER:
Nombre:

Fecha:

SUPERVISOR:
Nombre:

Fecha:

CALIDAD
Nombre:

Fecha:

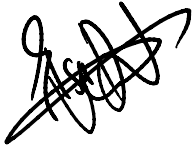
ANEXO III: INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONÓMICOS

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONOMICOS LINEA 266

DATOS IDENTIFICATIVOS

| | |
|---|--|
| EMPRESA: FAURECIA EMISSIONS CONTROL TECHONOLOGIES CENTRO: ORCOYEN | Ref. del contrato: 46/43/00082/2013 |
| PUESTOS EVALUADOS: OPERARIO 1 Y OPERARIO 2 DE LA LINEA 266 (ref. 1K0253058ML-V2) | |
| DOMICILIO: CARRETERA DE ECHAURI Nº13, ORCOYEN | PROVINCIA: NAVARRA |
| Ref.: 062974-15-00009 | Fecha: 14-05-2015 |

CUADRO DE CONTROL

| Efectuado por: | Recibido por: |
|---|---|
|  | Fecha: |
| Fdo. Elsa Domínguez Vicente | Fdo. Miguel Ángel Martínez |
| PREMAP Seguridad y Salud | Interlocutor por parte de la Empresa con la Sociedad de Prevención |

INDICE

- 1 OBJETO DEL INFORME**
- 2 ALCANCE DEL INFORME**
- 3 PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN**
- 4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN**
- 5 EVALUACIÓN POR LUGARES / PUESTOS DE TRABAJO**
 - 5.1 PUESTO: OPERARIO 1. LINEA 266
 - 5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS
 - 5.1.2 RESULTADOS
 - 5.1.3 CONCLUSIONES
 - 5.1.4 MEDIDAS PREVENTIVAS
 - 5.2 PUESTO: OPERARIO 2. LINEA 266
 - 5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS
 - 5.2.2 RESULTADOS
 - 5.2.3 CONCLUSIONES
 - 5.2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS
- 6 ANEXOS**
 - 6.1 TABLAS DE PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA

1 OBJETO DEL INFORME

El presente informe tiene por objeto realizar la Evaluación Ergonómica en los 2 puestos de la Línea 266 y determinar el nivel de riesgo asociado a las condiciones ergonómicas de cada uno a lo largo de la jornada de trabajo. El estudio se ha realizado sobre hombres entre 18 y 45 años. Se han analizado las tareas realizadas por los trabajadores en el montaje de la referencia 1K0253058ML-V2. El presente informe complementa la evaluación de riesgos de la empresa.

2 ALCANCE DEL INFORME

Este informe da cumplimiento a lo establecido en las Condiciones Generales y Anexos del contrato N° 46-43-00082-2013 y fecha 01/07/2013 para la Prestación del Servicio de Prevención Ajeno entre FAURECIA EMISSIONS CONTROL TECHNOLOGIES y PREMAP Seguridad y Salud.

3 PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN

Las personas que intervienen en la presente evaluación han sido:

- Por parte de FAURECIA EMISSIONS CONTROL TECHNOLOGIES
Miguel Ángel Martínez Pérez Coordinador HSE
- Por parte de PREMAP Seguridad y Salud:
Elsa Domínguez Vicente Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales

4 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

La evaluación se ha realizado utilizando como base, los siguientes criterios legales y técnicos de referencia:

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS:

- R.D. 487/1997 Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares.
- GT 487/1997 Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas.
- UNE-EN 1005-2 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus partes componentes
- ISO 11228-1 / ISO TR 12295:2014.

5 EVALUACIÓN POR LUGARES / PUESTOS DE TRABAJO

5.1 PUESTO: OPERARIO 1. LINEA 266

5.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

El operario realiza sus tareas en el robot 1566. El robot tiene dos mesas A y B en las que se realizan operaciones diferentes. Enfrente del robot hay una zona de alimentación de piezas mediante rampas de cajas y un carro para los catalizadores. El operario toma algunas de estas piezas y las deja sobre los utillajes de la mesa A del robot para cargarlos después. Descarga el subconjunto de 4,4 kg y lo deja en un soporte en el lateral derecho (Fig.1). Carga las piezas en la mesa A (Fig.2) del robot 1566. Coge un catalizador de 3 kg del carro de alimentación (Fig.3) y lo carga en el robot. El carro tiene almacenados los catalizadores en cinco alturas y cinco filas por altura. Después descarga otro subconjunto al soporte del lateral izquierdo y carga otras piezas pequeñas. Acciona el robot.

En la mesa B del robot 1566 (Fig. 4), el operario primero descarga el conjunto de 8,5 kg a la bailarina que está situada a la derecha del robot (Fig. 5) y luego carga tubos y otras piezas pequeñas que coge de las cajas de alimentación colocadas en los laterales del robot. Carga el subconjunto procedente de la mesa anterior que estaba en el soporte del lateral derecho y acciona el robot.

La Fig.6. muestra la secuencia de las tareas, en azul se representan las operaciones en la mesa A y en rojo las de la mesa B.

Las tareas se realizan por un sólo trabajador. El número de piezas manipuladas son 24 cada hora.

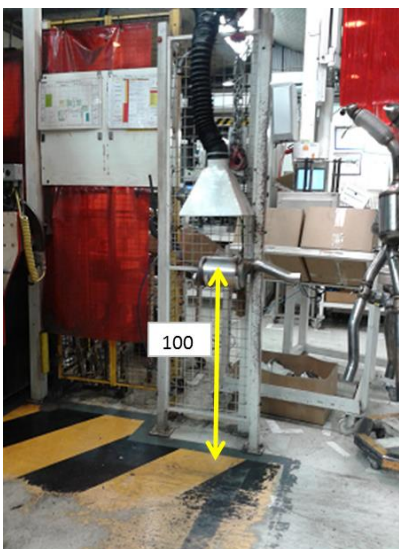


Fig. 1. Soporte lateral Robot 1566



Fig 2. Robot 1566 mesa A

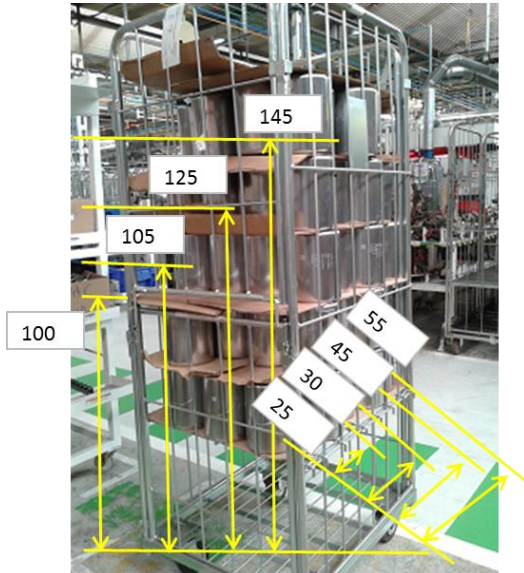


Fig. 3. Contenedor catalizadores

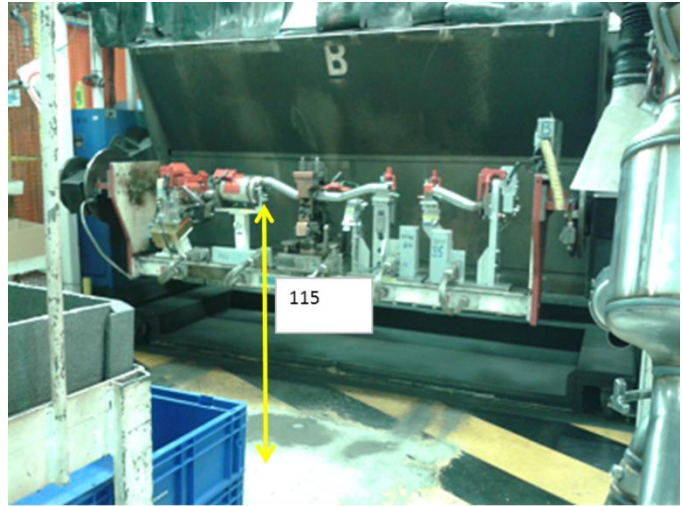


Fig. 4. Robot 1566 mesa B



Fig. 5. Bailarina

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONOMICOS LINEA 266



La evaluación de la manipulación manual de cargas se ha realizado por aplicación la ISO 11228-1 / ISO TR 12295:2014.

Existen tres descansos reglados por turno de trabajo; estos descansos son de 10,15 y 10 minutos respectivamente, y se distribuyen de forma gradual en la jornada laboral. Además de 20 minutos para comprobaciones de seguridad, calidad y limpieza.

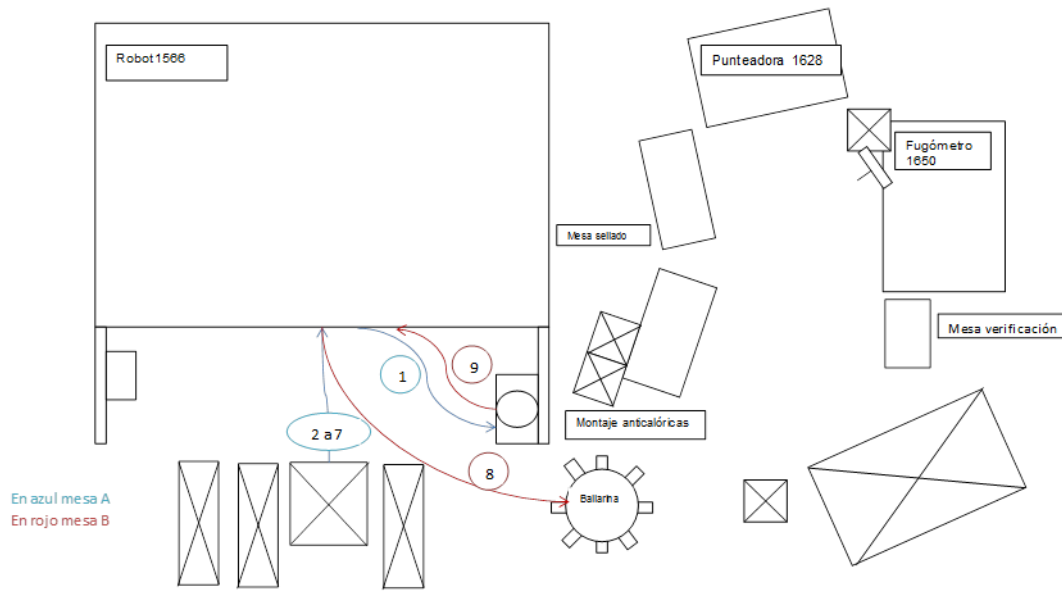
Para hacer el cálculo en el carro de alimentación de catalizadores agrupamos las filas y las columnas para considerar 6 tareas en vez de 25, sumando las frecuencias. Agrupamos por un lado las filas en tres grupos y consideramos la altura de la peor fila, con lo que tenemos primero dos alturas a 100 cm y una frecuencia de 0,16 lev/min; después consideramos dos alturas a 125 cm y una frecuencia de 0,16 lev/min y por último una altura a 145 cm y una frecuencia de 0,08 lev/min. Para las filas consideramos la mitad a una la distancia más próxima y la otra mitad a la más lejana. Resultando 6 tareas en total con una frecuencia de 0,08 lev/min las cuatro primeras y una de 0,04 las otras dos.

Tareas consideradas para el estudio:

- ❖ Tarea 1: desplazamiento del subconjunto de la estación A del robot 1566 al soporte de enfriamiento del lateral derecho. Se manipulan cargas de 4,4 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 2: desplazamiento del catalizador de la primera altura y la primera fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 3: desplazamiento del catalizador de la primera altura y la última fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 4: desplazamiento del catalizador de la tercera altura y la primera fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 5: desplazamiento del catalizador de la tercera altura del carro y la última fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 6: desplazamiento del catalizador de la última altura del carro y la primera fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 7: desplazamiento del catalizador de la última altura del carro y la última fila del carro a la mesa A del robot. Se manipulan 3 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,08 lev/min.
- ❖ Tarea 8: desplazamiento del conjunto de la mesa B del robot 1566 a la bailarina. Se manipulan 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 9: desplazamiento del subconjunto del soporte de enfriamiento a la mesa B del robot.

En las demás operaciones realizadas por el operario no se manejan cargas superiores a 3 kg.

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONOMICOS LINEA 266



INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONOMICOS LINEA 266



5.1.2 RESULTADOS

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

Resultados de la Manipulación Manual de Cargas:

ANÁLISIS PUESTO: ISO 11228-1 / ISO TR 12295:2014.

Puesto Operario 1. Línea 266.

| Tarea | Dist. Horizontal al inicio(H) (cm.) | Dist. Vertical al inicio (H) (cm.) | Dist. Horizontal al final(H) (cm.) | Dist. Vertical al final(H) (cm.) | Desplazamiento (D) (cm.) | Dur. Del trabajo | Frecuencia F (lev./min) | Acoplamiento (C) | Ángulo de asimetría (A) Grados | Peso Objeto (Kg.) |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1 | 25 | 113 | 25 | 100 | 13 | 430 | 0,4 | Regular | 0 | 4,4 |
| 2 | 25 | 100 | 25 | 113 | 13 | 430 | 0,08 | Regular | 0 | 3 |
| 3 | 55 | 100 | 25 | 113 | 13 | 430 | 0,08 | Regular | 0 | 3 |
| 4 | 25 | 125 | 25 | 113 | 12 | 430 | 0,08 | Regular | 0 | 3 |
| 5 | 55 | 125 | 25 | 113 | 12 | 430 | 0,08 | Regular | 0 | 3 |
| 6 | 25 | 145 | 25 | 113 | 32 | 430 | 0,04 | Regular | 0 | 3 |
| 7 | 55 | 145 | 25 | 113 | 32 | 430 | 0,04 | Regular | 0 | 3 |
| 8 | 25 | 115 | 25 | 115 | 0 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 9 | 25 | 100 | 25 | 115 | 15 | 430 | 0,4 | Regular | 0 | 4,4 |

Índice de levantamiento Compuesto(ILC): 0,60

5.1.3 CONCLUSIONES

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN: IL<1: Riesgo bajo o tolerable: los trabajadores pueden efectuar la tarea sin peligro.

5.1.4 MEDIDAS PREVENTIVAS

Según lo establecido en el artículo 8 y 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención, a continuación se relacionan las medidas Preventivas que serán objeto de planificación, con el fin de eliminar o controlar y reducir los riesgos evaluados.

Se proponen medidas de formación e información para concienciar a los trabajadores, informarles de sus riesgos y minimizar éstos.

5.2 PUESTO: OPERARIO 2. LINEA 266

5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

El operario coloca la chapa con anticalórica inferior en la prensa manual (Fig.7). Las anticalóricas están almacenadas en un carro con ruedas junto al contenedor final, de manera que el operario la coge al terminar el ciclo anterior. Después coge un conjunto de 8,5 kg de la bailarina, (Fig. 5.) y lo carga en la prensa manual. Coloca otras dos chapas con anticalóricas del almacenamiento colocado en el frontal de la máquina, hace unos ajustes con una herramienta y baja manualmente la prensa. Acciona el bimanual de la máquina.

Lleva el conjunto a la mesa de sellado (Fig.8.) en la que le coloca una brida y cierra con una herramienta manual los bordes de la anticalórica. Posteriormente descarga el conjunto que está en la punteadora 1628 (Fig.9.) a un soporte junto a la misma (Fig.10.). Coge el conjunto que está en la mesa de sellado y lo carga en la punteadora 1628, cierra los utilajes y acciona la máquina. Descarga el conjunto del fugómetro 1650 (Fig.11.) a la mesa de verificación (Fig.12). Carga el conjunto desde el soporte anterior en el fugómetro y lo acciona. Se va a la mesa de verificación y realiza las operaciones de verificación.

Por último lleva el conjunto al contenedor final (Fig.13.). Los conjuntos se colocan en dicho contenedor a dos alturas, se descarga en la posición más cercana al borde del mismo, se coloca el cartón separador y después se empuja hasta el fondo del contenedor.

La Fig.14. muestra la secuencia de las tareas del operario 2.

Las tareas se realizan por un sólo trabajador. El número de piezas manipuladas son 24 cada hora.

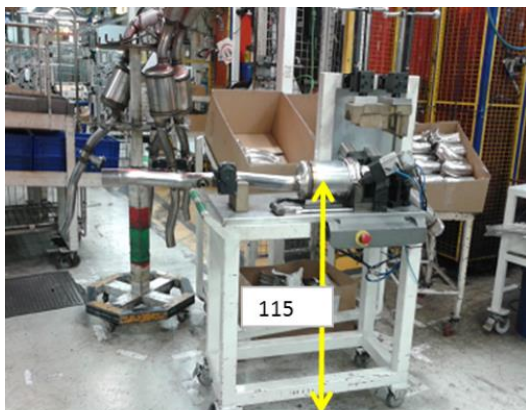


Fig. 7. Prensa manual

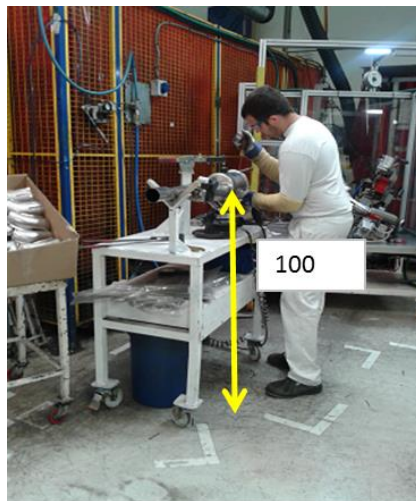


Fig.8. Mesa sellado

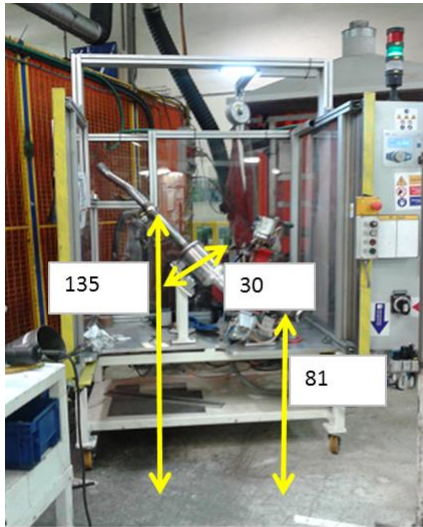


Fig.9. Punteadora 1628



Fig.10. Soporte

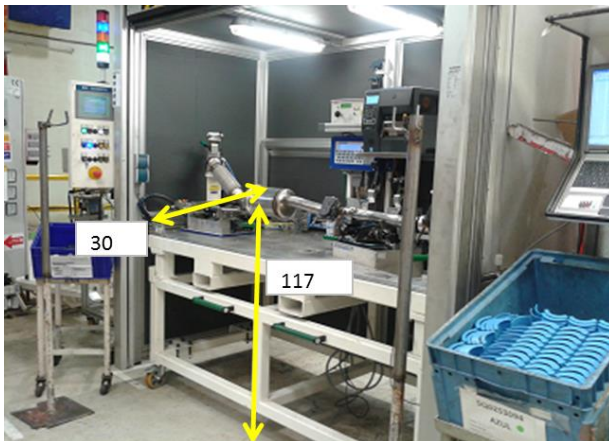


Fig. 11. Fugómetro 1650

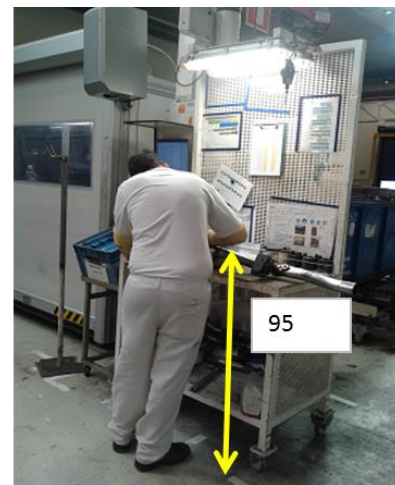


Fig. 12. Mesa verificación

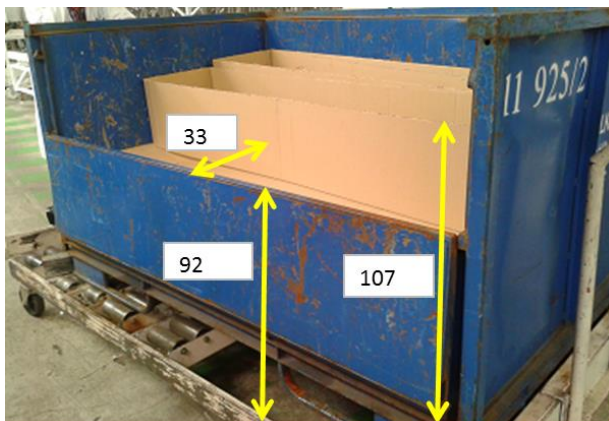


Fig. 13. Contenedor Final

La evaluación de la manipulación manual de cargas se ha realizado por aplicación la ISO 11228-1 / ISO TR 12295:2014.

Existen tres descansos reglados por turno de trabajo; estos descansos son de 10,15 y 10 minutos respectivamente, y se distribuyen de forma gradual en la jornada laboral. Además de 20 minutos para comprobaciones de seguridad, calidad y limpieza.

Tareas consideradas para el estudio:

- ❖ Tarea 1: desplazamiento del conjunto desde la bailarina a la prensa manual. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 2: desplazamiento del conjunto de la prensa manual a la mesa de sellado. Se manipulan 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 3: desplazamiento del conjunto desde la punteadora 1628 al soporte colocado a su derecha. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 4: desplazamiento del conjunto desde la mesa de sellado a la punteadora 1628. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 5: desplazamiento del conjunto desde el fugómetro 1650 a la mesa de verificación. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 6: desplazamiento del conjunto desde el soporte hasta el fugómetro 1650. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,4 lev/min.
- ❖ Tarea 7: desplazamiento del conjunto desde la mesa de verificación a la altura más baja del contenedor final. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,2 lev/min.
- ❖ Tarea 8: desplazamiento del conjunto desde la mesa de verificación a la altura más alta del contenedor final. Se manipulan cargas de 8,5 kg. Frecuencia de levantamiento de 0,2 lev/min.

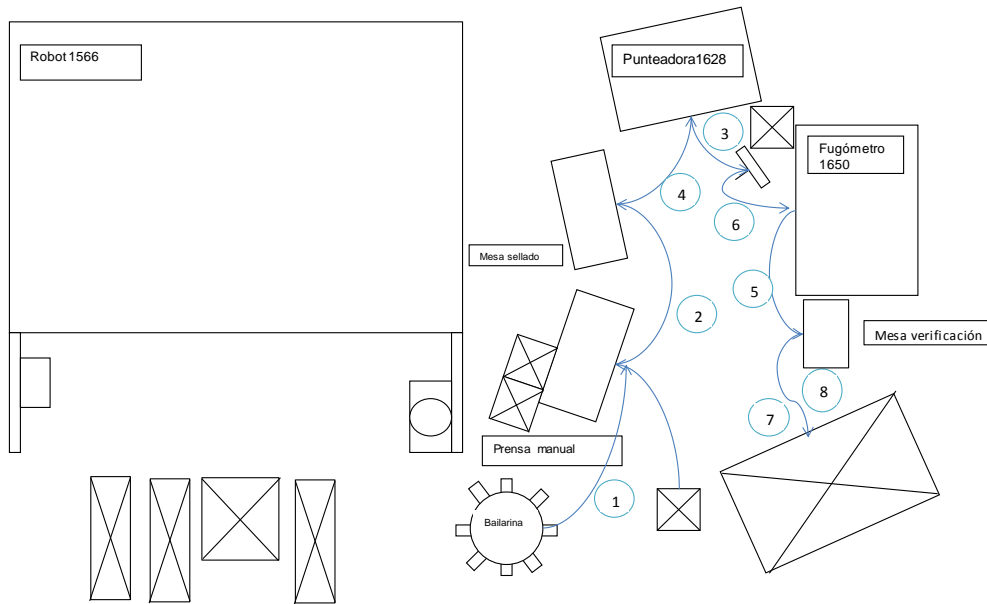


Fig. 14. Diagrama flujo Operario 2.

INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS ERGONOMICOS LINEA 266



5.2.2 RESULTADOS

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

Resultados de la Manipulación Manual de Cargas:

ANÁLISIS PUESTO: ISO 11228-1 / ISO TR 12295:2014.

Puesto Operario 2. Línea 266

| Tarea | Dist. Horizontal al inicio(H) (cm.) | Dist. Vertical al inicio (H) (cm.) | Dist. Horizontal al final(H) (cm.) | Dist. Vertical al final(H) (cm.) | Desplazamiento (D) (cm.) | Dur. Del trabajo | Frecuencia F (lev./min) | Acoplamiento (C) | Ángulo de asimetría (A) Grados | Peso Objeto (Kg.) |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------|------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1 | 25 | 115 | 25 | 115 | 0 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 2 | 25 | 115 | 25 | 100 | 15 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 3 | 30 | 108 | 25 | 115 | 7 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 4 | 25 | 100 | 30 | 108 | 8 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 5 | 30 | 117 | 25 | 95 | 22 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 6 | 25 | 115 | 30 | 117 | 2 | 430 | 0,4 | Malo | 0 | 8,5 |
| 7 | 25 | 95 | 33 | 92 | 3 | 430 | 0,2 | Malo | 0 | 8,5 |
| 8 | 25 | 95 | 33 | 107 | 12 | 430 | 0,2 | Malo | 0 | 8,5 |

Índice de levantamiento Compuesto (ILC): 0,96

5.2.3 CONCLUSIONES

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN: IL<1: Riesgo bajo o tolerable: los trabajadores pueden efectuar la tarea sin peligro.

5.2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS

Según lo establecido en el artículo 8 y 9 del Reglamento de los Servicios de Prevención, a continuación se relacionan las medidas Preventivas que serán objeto de planificación, con el fin de eliminar o controlar y reducir los riesgos evaluados.

Se proponen medidas de formación e información para concienciar a los trabajadores, informarles de sus riesgos y minimizar éstos.

6 **ANEXOS**

6.1 TABLAS DE PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PREVENTIVA

**INFORME DE EVALUACIÓN DE RIESGOS
ERGONOMICOS
LINEA 266**



PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS

MEDIDAS REQUERIDAS

| ÁMBITO | CONDICIÓN | ACCIÓN REQUERIDA | PRIORIDAD | RECURSOS ECONÓMICOS * | RESPONSABLE DE LA ACCIÓN * | FECHA PREV. FINALIZACIÓN (visado) * | FECHA REALIZACIÓN * |
|---|----------------------|---|-----------|--------------------------|-------------------------------|---|------------------------|
| OPERARIOS 1 y 2 .LINEA 266 | Plan de Formación | Riesgos y medidas preventivas en tareas de manipulación manual de cargas | 2 | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |