



MASTER EN INGENIERÍA DE AUTOMOCIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE MÁSTER

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN

Autor: D. José Ramón Iniesta Martínez

Tutor: D. Manuel San Juan Blanco

Tutor Colaborador: D. Pedro J. Díez Vielva

Valladolid, Julio de 2016

Escuela Ingenierías Industriales

Depto. Ing^ª Energética y Fluidomecánica
Paseo del Cauce 59
47011 Valladolid
(España)



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

Fundación Cidaut

Parque Tecnológico de Boecillo, 209
47151 Boecillo (Valladolid)
España



APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN

RESUMEN

Este documento presenta la aplicación de dos herramientas Lean Manufacturing en los procesos industriales de una empresa del sector de la automoción, para mejorar dichos procesos, aumentando la disponibilidad de los medios de fabricación.

Por un lado, el documento muestra la implantación de un sistema de TPM (Mantenimiento Productivo Total), con el que, se pretende mejorar la manutención de los medios de fabricación.

Por otro lado, este documento expone la aplicación del método SMED, con el cual, se consigue mejorar los cambios de utillaje.

ENGLISH TITLE AND ABSTRACT

“Application of Lean Manufacturing tools in production processes of automotive sector”

This document presents the application of two Lean Manufacturing tools in industrial processes of a company in the automotive sector, in order to improve those processes, increasing the availability of the manufacturing means.

On the one hand, the document shows the implementation of a TPM (Total Productive Maintenance) system, with which, it hopes to improve the maintenance of the manufacturing means.

On the other hand, this document presents the application of the SMED (Single Minute Exchange of Die) method, with which, it achieves to improve the tools change.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes y justificación	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Alcance y desarrollo	2
2. RENDIMIENTO OPERACIONAL (OEE)	3
3. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	5
3.1. Evolución del mantenimiento	5
3.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	7
3.3. Mantenimiento Autónomo	10
4. MÉTODO SMED	13
4.1. Metodología para la aplicación del método SMED	14
5. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	17
5.1. Descripción de la instalación	17
5.2. Restaurar las condiciones originales de la máquina	21
5.3. Introducción de mejoras sobre la máquina	21
5.4. Estandarización	22
A. Selección de tareas de mantenimiento autónomo	22
B. Rutas de mínimo desplazamiento	25
C. Instrucciones de mantenimiento autónomo	28
D. Gestión visual	47
5.5. Formación	52
5.6. Seguimiento	52
6. APLICACIÓN DEL MÉTODO SMED	55
6.1. Descripción del proceso de cambio de utillaje	55
6.2. Estudio de la situación actual	58
6.3. Análisis de los datos	59
6.4. Plan de acciones	60
6.5. Nuevo procedimiento de cambio de utillaje	62
6.6. Estandarización del procedimiento de preparación de los medios de fabricación	63
7. CONCLUSIONES	65
8. BIBLIOGRAFÍA	67

NOMENCLATURA

OEE: Rendimiento operacional

Mantenimiento correctivo

Mantenimiento preventivo

TPM: Mantenimiento productivo total

Mantenimiento autónomo

SMED: Single Minute Exchange of Die

C1: Caja 1

C2: Caja 2

PD1: Placa de disparo 1

PD2: Placa de disparo 2

PG1: Placa de gaseo 1

PG2: Placa de gaseo 2

Tarea interna

Tarea externa

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes y justificación

El siguiente trabajo fin de máster se basa en las prácticas en empresa que he realizado. Estas prácticas han tenido lugar en Lingotes Especiales S.A., donde he llevado a cabo un proyecto de implantación de herramientas lean manufacturing en el proceso industrial.

Lingotes especiales S.A. es un grupo industrial dedicado al diseño, desarrollo, fundición, mecanizado y montaje de piezas de hierro gris y esferoidal para componentes utilizados en las ramas de automoción, electrodomésticos y obra civil, principalmente. En el sector de la automoción, se encarga fundamentalmente de la fabricación de discos y tambores de freno, volantes, y platos de embrague.

Hasta ahora se ha estado realizando el mantenimiento de manera preventiva, siguiendo el plan de mantenimiento preventivo de dicha empresa, o en el peor de los casos se ha realizado un mantenimiento correctivo, con los inconvenientes que ello conlleva.

La introducción de la filosofía lean en el mantenimiento, conduce al Mantenimiento Productivo Total (TPM, siglas de Total Productive Maintenance). Esta es una forma de gestionar el mantenimiento, implicando en el proceso a todos los trabajadores, desde directivos a operarios, pasando por todos los departamentos de la empresa. La finalidad de esta filosofía es tener más controlados los medios de producción, y así, aumentar el rendimiento operacional, además, de liberar al personal de mantenimiento de tareas sencillas para ocupar su tiempo en tareas de mayor enjundia.

Uno de los pilares fundamentales del TPM es el mantenimiento autónomo, el cual, consiste en implicar a los operarios de la línea de fabricación, en la realización de algunas tareas de mantenimiento sobre los equipos con los que trabajan, con el apoyo del departamento de mantenimiento.

Por otra parte, tradicionalmente se han fabricado lotes grandes, agrupando varios pedidos de un producto y produciéndolos en el mismo lote. Esta forma de fabricar requiere tener grandes stocks, necesitando una gran superficie de almacenamiento, deteriorándose los productos, teniendo grandes costes de mantenimiento de stocks, entre otros inconvenientes.

Dada la cantidad de inconvenientes, actualmente no se puede tener tanto stock, por lo tanto, es necesario flexibilizar la producción haciendo lotes pequeños, sin tener que agrupar pedidos como antes. Para que sea rentable la producción de lotes pequeños, es necesario reducir el tiempo necesario para la preparación de los medios de fabricación y que estos estén el menor tiempo posible sin producir. El método SMED (Single Minute Exchange of Die) es una herramienta de mejora continua, con la cual, se consigue reducir el tiempo de cambio de utillaje en una máquina.

1.2. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo fin de máster titulado “Aplicación de herramientas Lean Manufacturing en los procesos productivos del sector de la automoción”, es la introducción del mantenimiento productivo total (TPM) en el entorno de la empresa Lingotes Especiales

S.A. y la aplicación del método SMED en el cambio de utillaje de una máquina de dicha empresa.

Inicialmente, se va a empezar a implantar el sistema de mantenimiento autónomo en la empresa por las máquinas DISA 2 y AMC 2, perteneciente a la segunda línea de moldeo. Posteriormente, la intención de la empresa es expandir la filosofía del mantenimiento autónomo al resto de máquinas y líneas.

Con este objetivo se pretende liberar de tareas sencillas a los técnicos de mantenimiento, para que se puedan centrar en tareas más complejas de mantenimiento preventivo. Además, se quiere conseguir que la máquina este más controlada, de manera que, aumente el rendimiento operacional de la máquina y de la línea, al aumentar la disponibilidad de la máquina y reducir el número de piezas rechazadas.

El método SMED se va a aplicar en las máquinas Lora SLC de las tres líneas de fabricación de machos de la empresa.

Aplicando el método SMED se pretende reducir el tiempo en el cambio de utillaje para que la producción de machos este parada el menor tiempo posible y reorganizar las tareas que debe realizar cada operario.

1.3. Alcance y desarrollo

El trabajo se ha basado en el desarrollo, práctico, del proceso de implantación de mantenimiento autónomo y aplicación del método SMED en la empresa.

Primero se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre el estado del arte del método SMED y de los sistemas de mantenimiento, y especialmente, del mantenimiento productivo total (TPM). Seguidamente, se ha pasado a hacer una descripción del proceso, que se ha seguido para introducir el mantenimiento autónomo en los equipos citados anteriormente. Análogamente, se explica cómo se ha aplicado el método SMED. Finalmente, se han sacado unas conclusiones sobre el mantenimiento autónomo y sobre el resultado obtenido al aplicar el método SMED.

2. RENDIMIENTO OPERACIONAL (OEE)

El rendimiento operacional, es un indicador que nos mide la eficiencia de las máquinas, equipamientos, líneas o fabricas. Al rendimiento operacional le afectan negativamente las ocurrencias que no añaden valor a la producción, es decir, las pérdidas que afecten a la producción y a los equipos.

De acuerdo con [Reyes Aguilar, 2002], entre las actividades que contempla la mejora continua, está la identificación de todas las pérdidas que afecten a la producción y a los equipos, pudiendo así utilizar las reuniones como base a la implementación de acciones de mejora de la eficiencia. A continuación, se muestran las perdidas más importantes:

- **Pérdidas por disponibilidad:** son aquellas producidas por falta de operación de la máquina en el tiempo en que está disponible. Por disponibilidad se entiende el periodo de tiempo en el cual la máquina debería estar en funcionamiento aun estando parada. Dentro de estas pérdidas entran paradas por averías, reparaciones, cambios de utillaje, ajustes, arranques y paradas...
- **Perdidas por rendimiento:** son aquellas pérdidas que se dan cuando la máquina está en funcionamiento, pero por diversos motivos (microparadas, baja velocidad de máquina...) su rendimiento es inferior al ideal. Esto se traduce en una disminución de las unidades de producción fabricadas.
- **Pérdidas de calidad:** son aquellas que se producen por la deficiencia de un producto que no cumple las especificaciones de calidad. Son pérdidas que aumentan considerablemente los costos de fabricación, pues suponen aumentar los mismos, con el incremento de horas de mano de obra, de máquina, consumo de energía, materia prima y utillajes.

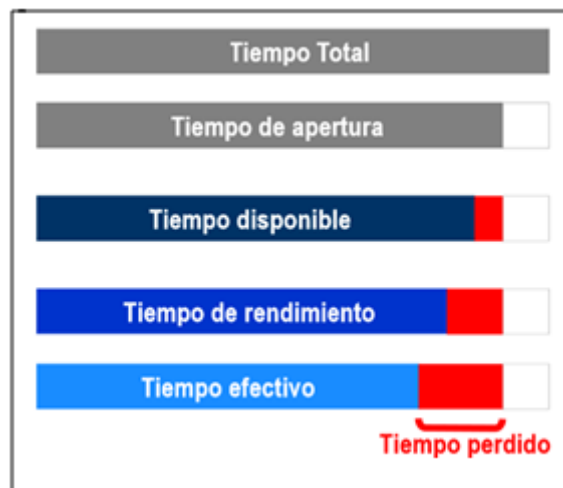


Fig. 1: Pérdidas de productividad.

El rendimiento operacional se calcula teniendo en cuenta los siguientes índices:

$$\text{Índice Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operación} - \text{Tiempo parada}}{\text{Tiempo operación}}$$

$$\text{Índice Rendimiento} = \frac{\text{Unidades de producción reales}}{\text{Unidades de producción ideales}}$$

$$\text{Indice Calidad} = \frac{\text{Unidades de produccion reales} - \text{Unidades de produccion defec.}}{\text{Unidades de produccion reales}}$$

El rendimiento operacional (OEE o RO) es el producto de los índices anteriores:

$$\text{OEE} = \text{Indice Disponibilidad} \cdot \text{Indice Rendimiento} \cdot \text{Indice Calidad}$$

El objetivo de cualquier empresa debe ser aumentar el rendimiento operacional lo máximo posible para conseguir aumentar la eficiencia. El rendimiento operacional se aumenta al incrementar los índices de disponibilidad, rendimiento y/o calidad, explicados anteriormente.

Para mejorar el rendimiento operacional, hay que seguir una serie de pasos:

- Recopilar datos de todas las paradas y pérdidas de las máquinas.
- Análisis de datos y exposición de resultados y medidas en la planta.
- Identificación de las mejoras potenciales e inicio de las actividades de mejora.

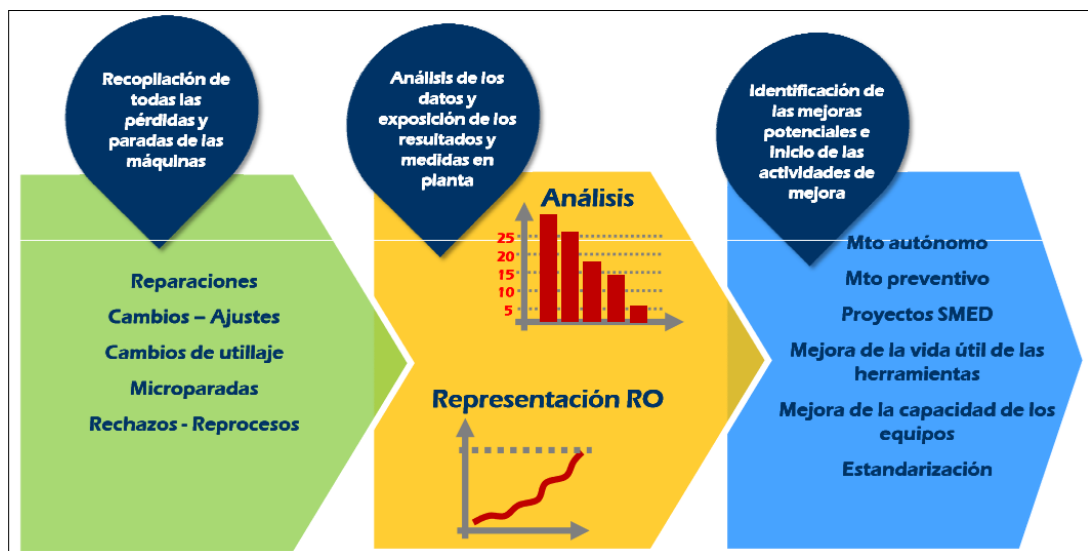


Fig. 2: Pasos de mejora del rendimiento operacional.

Para aumentar el índice de disponibilidad, se tienen que reducir los tiempos de parada. La manera de disminuir los tiempos de parada por averías o reparaciones es mejorar el mantenimiento de los equipos. Además, el sistema de mantenimiento, afecta directa e indirectamente a los índices de rendimiento y calidad.

También se puede aumentar la disponibilidad de la máquina disminuyendo el tiempo de parada por cambio de utillaje entre dos referencias de fabricación diferentes, haciendo proyectos de SMED.

3. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento se puede definir de diferentes maneras:

Según [Gómez de León, 1998], las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso.

Según [Rey Sacristán, 2001], es el conjunto de técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el funcionamiento continuo de la maquinaria productiva.

3.1. Evolución del mantenimiento

Como indica [González Fernández, 2005], se ha llegado a un acuerdo común entre muchos autores, para establecer durante el siglo XX tres grandes etapas, aunque no hay una frontera temporal clara entre ellas. Este hecho se debe a que cada sector de la industria ha evolucionado de forma diferente. Estas etapas se llaman Primera, Segunda y Tercera Generación y se desarrollan a continuación con ayuda de la “fig. 3”.

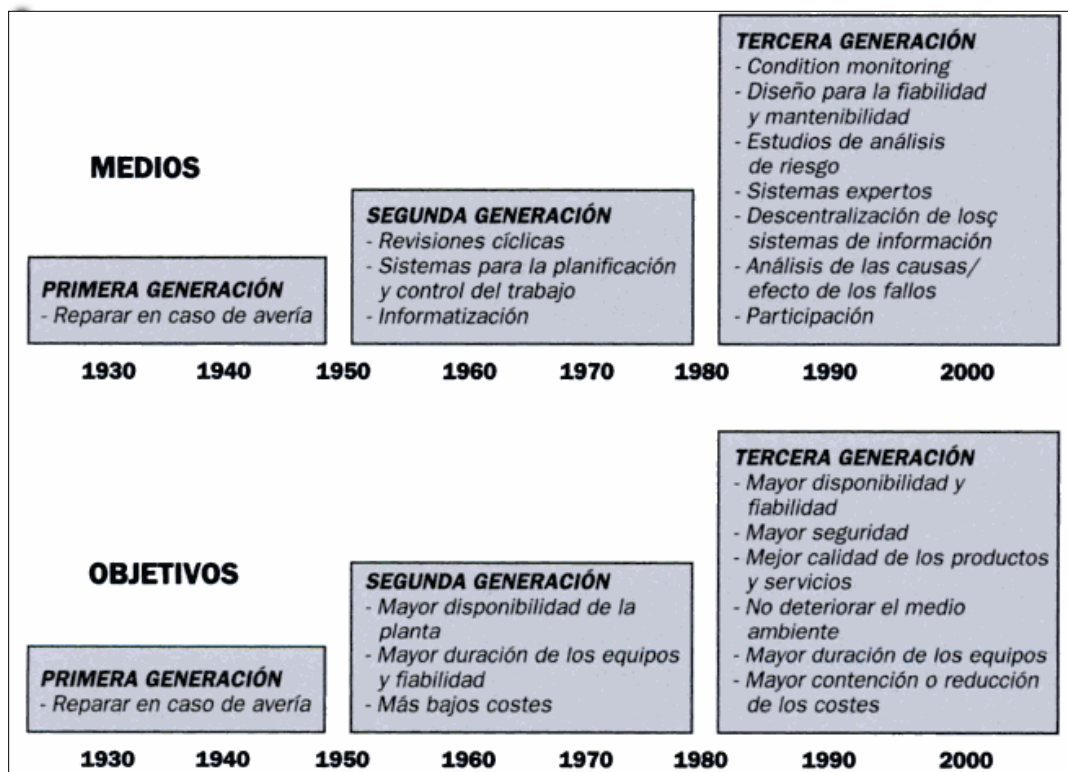


Fig. 3: Etapas de la evolución del mantenimiento industrial, Fernández 2005.

En Primera Generación, las actividades de mantenimiento se basaban en reparar aquello que se averiaba, y a periódicos engrases, lubricaciones y limpiezas. Esto es lo que se conoce como *Mantenimiento Correctivo*.

La Segunda Generación abarca aproximadamente el periodo entre 1950 y finales de los años 70. En este periodo se ponen en marcha sistemas de *Mantenimiento Preventivo* basados en revisiones cíclicas de los equipos e instalaciones. Obviamente, en esta etapa también se incorpora las reparaciones precisas en caso de fallos o reparaciones programadas.

La optimización de este mantenimiento de Segunda Generación, basado en mantenimientos preventivos y correctivos, se fundamenta en sistemas de planificación de actividades y de control de los trabajos realizados, entendiéndose por control tanto el lanzamiento de órdenes de trabajo como la retroalimentación y verificación de los datos habidos en esas órdenes de trabajo. A medida que se generalizó el uso de herramientas informáticas, todos estos sistemas de planificación y todas estas actividades de control se han ido implementando en bases de datos informatizadas, cuyo tratamiento ha optimizado los sistemas de toma de decisiones.

En los años 80 se empezó a hablar de mantenimiento de Tercera Generación. Este mantenimiento, conocido como *Mantenimiento Productivo*, fundamenta sus objetivos, además de en la disponibilidad, fiabilidad y coste, en la seguridad, la calidad, la protección del medio ambiente y en la duración de los equipos. En este mantenimiento, además, hay que tener en cuenta diversas normativas.

Según [Lefcovich, 2009], finalmente se llega al mantenimiento productivo total (TPM), en el que se incorporan una serie de nuevos conceptos a los desarrollados en etapas anteriores, entre los cuales cabe destacar el *Mantenimiento Autónomo*.

En la “fig. 4” se observa, como introduciendo técnicas lean manufacturing en el mantenimiento se consigue reducir el mantenimiento correctivo y, por lo tanto, las paradas no programadas. Así, se consigue que el tiempo de producción sea mayor y, también lo sea el rendimiento operacional. Además, se les libra a los técnicos de mantenimiento de las tareas sencillas (limpieza, inspección y lubricación) que son realizadas por los operarios de producción, teniendo más tiempo para centrarse en tareas más complicadas del mantenimiento preventivo.

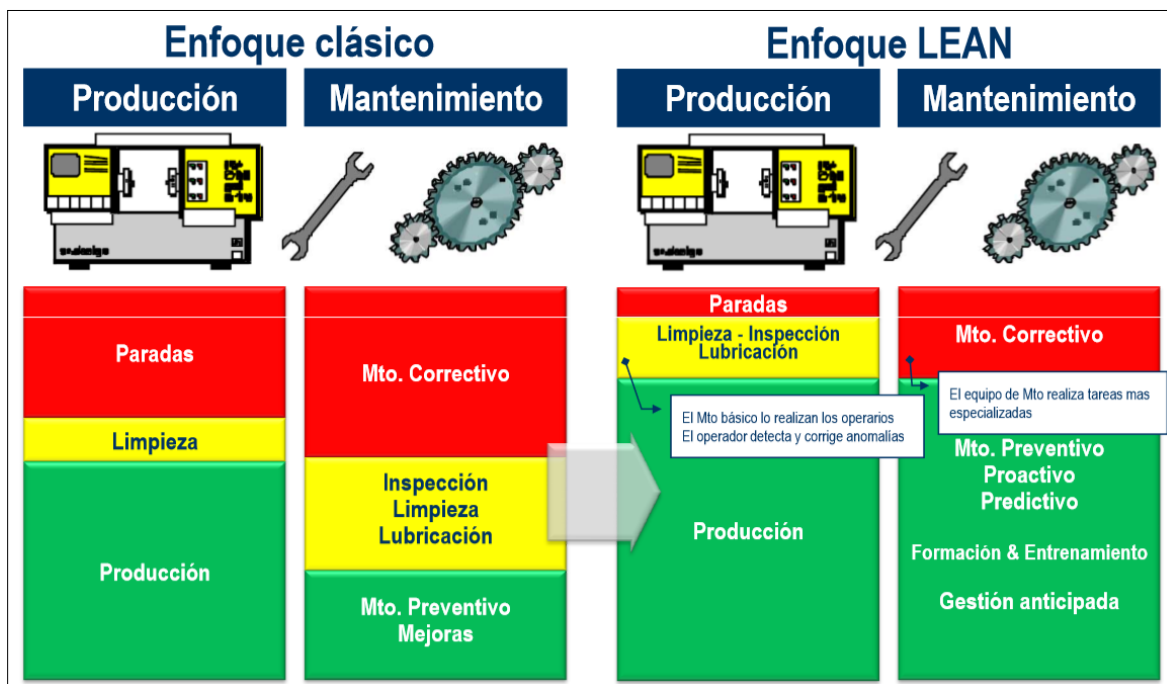


Fig. 4: Comparación entre mantenimiento clásico y lean.

3.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

De acuerdo con [Lefcovich, 2009], El TPM (Mantenimiento Productivo Total) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción “Just in Time”, la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios.

Estas seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamiento de las operaciones en un equipo.

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, en base a la cual es factible alcanzar la competitividad total.

Por lo tanto, el TPM busca conseguir cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de los procesos productivos, consiguiendo reducir costes.

Como indica [Reyes Aguilar, 2002], Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y los defectos generados. El mantenimiento se logra al conservar la maquinaria actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos, pero enfocado a los equipos de manufactura.

Bajo este método, el mantenimiento productivo total (TPM) es realizado en diferentes etapas:

- Mantenimiento correctivo: Para reparar averías, sólo en casos muy raros.
- Mantenimiento preventivo: El departamento de mantenimiento se encarga de hacer actividades rutinarias para prevenir desgaste prematuro de piezas del equipo.
- Mantenimiento predictivo: El departamento de mantenimiento puede auxiliarse de contratistas externos, quienes a través de una serie de técnicas de análisis, pueden predecir la ocurrencia de fallas, para programar el reemplazo de partes con alto riesgo de falla antes de que ocurran.
- Mantenimiento autónomo: Realizado por operadores haciendo tareas simples de mantenimiento en sus equipos tales como limpieza, lubricación y pequeños ajustes, así como el reporte de funcionamientos raros a los técnicos de mantenimiento.
- Mantenimiento proactivo: Enfocado a actualizar y hacer mejoras a los equipos. Con ayuda del análisis del historial de las máquinas y con la retroalimentación de los equipos de operación y mejora, los departamentos de ingeniería coordinan la reconstrucción de las máquinas o el rediseño de las mismas para hacerlas más eficientes y fáciles de mantener

De acuerdo con [Calvo Rollé, 2004], el buen funcionamiento de esta metodología se sustenta principalmente sobre cinco pilares, los cuales se irán construyendo gradualmente, dando

cierta importancia a los dos primeros (mejora continua y mantenimiento autónomo) por el volumen que poseen respecto a los otros.

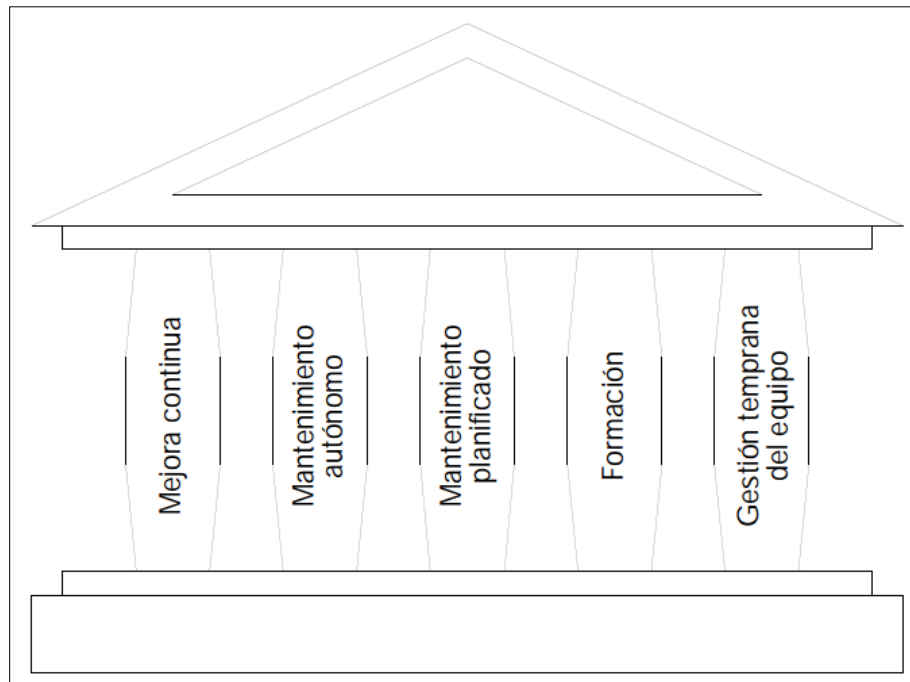


Fig. 5: Los cinco pilares del TPM, Calvo Rollé 2004.

1. Mejora continua: llevar a cabo actividades de mejora diseñadas para aumentar la eficacia del equipo.
2. Mantenimiento autónomo: establecer un sistema de mantenimiento básico realizado por parte de los operarios.
3. Mantenimiento planificado: aumentar la eficacia del departamento de mantenimiento.
4. Formación: establecer cursillos de formación para adiestrar permanentemente a los trabajadores y aumentar su nivel técnico.
5. Gestión temprana del equipo: establecer un sistema de prevención del mantenimiento.

Según [Lefcovich, 2009], el TPM se basa en los siguientes principios:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

La aplicación del TPM garantiza a las empresas resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo.

Entre los objetivos o ventajas principales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Conservación del medio ambiente y ahorro de energía.
- Formación y entrenamiento del personal.

Según [González Fernández, 2005], también se pueden encontrar algunos inconvenientes a la hora de implantar el TPM:

- Producción entienda el proceso como un intento de obtener mayor productividad de ellos y lo rechacen.
- El personal de mantenimiento vea en el proceso una pérdida de competencias y tema por su futuro.
- La dirección pueda estar dudosa bien por el proceso en sí, por sus resultados o por las repercusiones asociadas.
- El plan de mantenimiento no sea totalmente eficaz.
- No se disponga de un sistema eficaz de planificación, lanzamiento y control.
- Existan carencias en cuanto a repuestos, logística, mantenibilidad y formación.

Se pueden considerar cuatro fases, que se muestran en la “fig. 6” para introducir el mantenimiento productivo total (TPM) y conseguir cero paradas no programadas:

- Fase 1: Estabilizar los intervalos de los fallos (MTBF).
 - a) Rectificar deterioro previamente no reparado.
 - b) Eliminación del deterioro forzoso.
- Fase 2: Alargar la vida de los equipos.
 - a) Corregir las deficiencias.
 - b) Eliminar los fallos esporádicos.
 - c) Rectificar la aparición de deterioro externo.
- Fase 3: Restablecer periódicamente los deterioros.
 - a) Restauración corrigiendo los deterioros regularmente.
 - b) Detectar deterioro interno a través de los cinco sentidos.
- Fase 4: Predecir y alargar la vida útil de los equipos.
 - a) Predicción del servicio basado en tecnologías de diagnóstico de equipamientos.

b) Análisis de los fallos esporádicos.

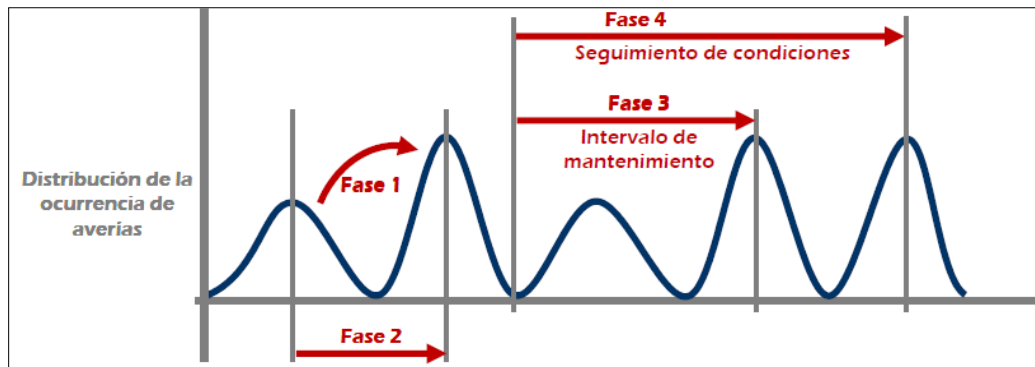


Fig. 6: Fases para conseguir cero paradas.

En la “fig. 7” se muestra como van deteriorándose los equipos a medida que pasa el tiempo. En el TPM, se van realizando inspecciones y ajustes durante el automantenimiento, cambiando la pendiente de la curva, alargando la vida de los equipos. Con el mantenimiento planificado (preventivo) se sustituyen piezas y los equipos vuelven a tener el estado inicial. Si se aplica una mejora (mantenimiento proactivo), se consigue que la pendiente de la curva cambie y tarde más en deteriorarse el equipo.

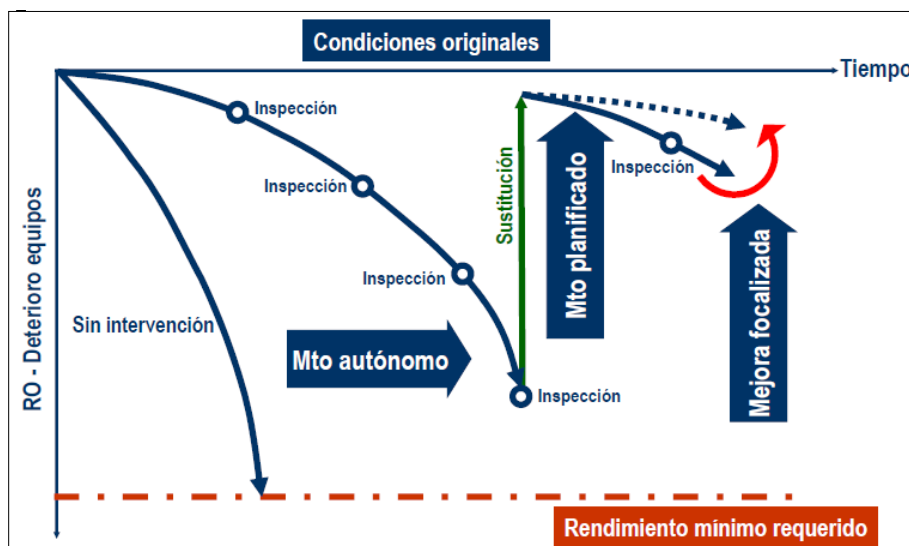


Fig. 7: Propuesta para cero averías.

3.3. Mantenimiento Autónomo

El mantenimiento autónomo es un pilar básico a la hora de aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) en una empresa. Consiste en asignar actividades de mantenimiento, de sus propios equipos, a los operarios de fabricación, dotándoles de la formación pertinente para realizarlo y con el apoyo del departamento de mantenimiento. Este mantenimiento contribuye a la prevención del deterioro de los equipos.

Entre las tareas de mantenimiento autónomo, se encuentran algunas como detección de anomalías, inspecciones diarias, lubricaciones, reparaciones simples, sustitución de piezas, verificaciones de precisión. Si se detecta alguna avería grave durante el automantenimiento, es el departamento de mantenimiento el encargado de la reparación.

Como indica [Rey Sacristán, 2001], para implantar un sistema de automantenimiento, hay que preparar el entorno de fabricación de acuerdo a un plan estratégico como el siguiente:

- Identificar las tareas a pasar a fabricación de forma progresiva.
- Creación de gamas de mantenimiento preventivo global de niveles 1, 2 y 3. En la "fig. 8" se muestran estos niveles.

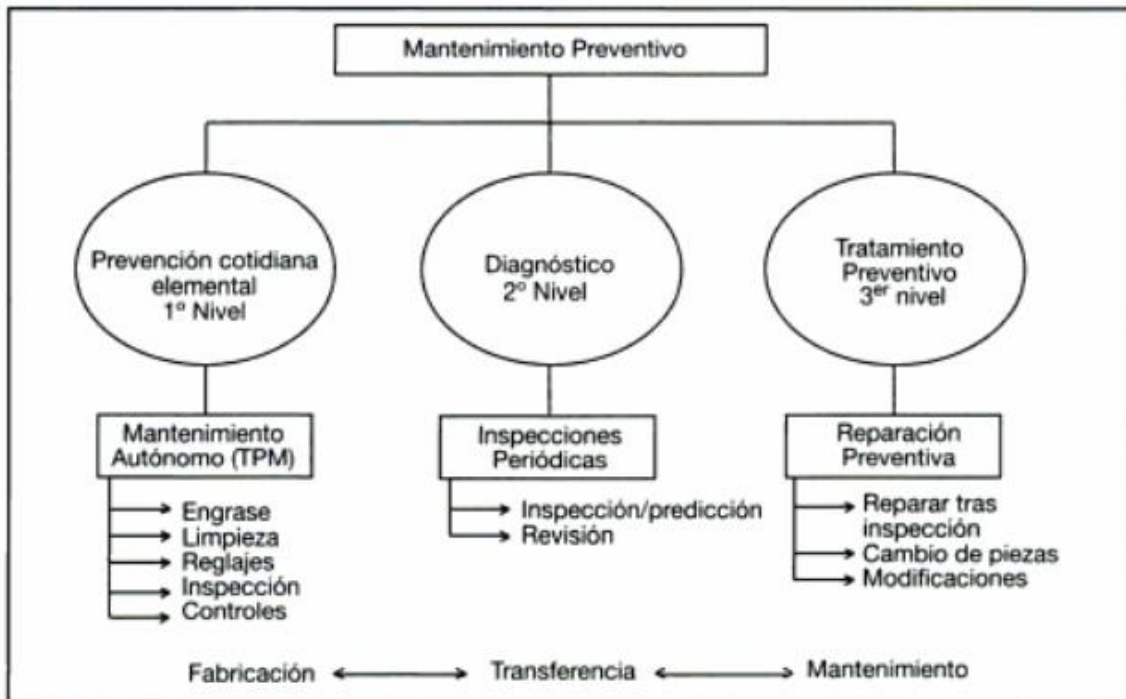


Fig. 8: Mantenimiento preventivo global, Rey Sacristán 2001.

4. MÉTODO SMED

Como dice [García, 2012], El comportamiento de los mercados actuales está presidido por las exigencias de los clientes, que buscan satisfacer su demanda con productos cada vez más personalizados. En este contexto, cualquier empresa se ve en la obligación de fabricar lo que demanda el cliente justo en el momento oportuno, en la cantidad y calidad que precisa y a un precio competitivo. Se necesitan, por tanto, medios productivos suficientemente flexibles que permitan a las empresas responder a esta demanda con nuevos productos, o variaciones de los ya existentes, utilizando los recursos disponibles de un modo eficiente.

El SMED es una herramienta de mejora contrastada que permite reducir los tiempos de cambio de útiles, contribuyendo así al aumento de la flexibilidad, a la reducción de despilfarros, a la mejora de la productividad, etc.

Durante el cambio de fabricación de un producto "A" a un producto "B", se produce una pérdida de eficacia. Primero la eficacia decrece desde la máxima (a plena producción) hasta cero, cuando la máquina se para. Hay un intervalo de tiempo de eficacia cero, cuando la máquina está parada. Posteriormente, hay un aumento progresivo desde cero hasta la máxima eficiencia de producción del producto "B" cuando se empieza, de nuevo, a fabricar. El objetivo del SMED es reducir ese intervalo de tiempo, de baja eficacia, entre la salida del último producto "A" y del primer producto "B". En la "fig. 9" se muestra una representación gráfica de la pérdida de eficacia debida a un cambio en la producción.

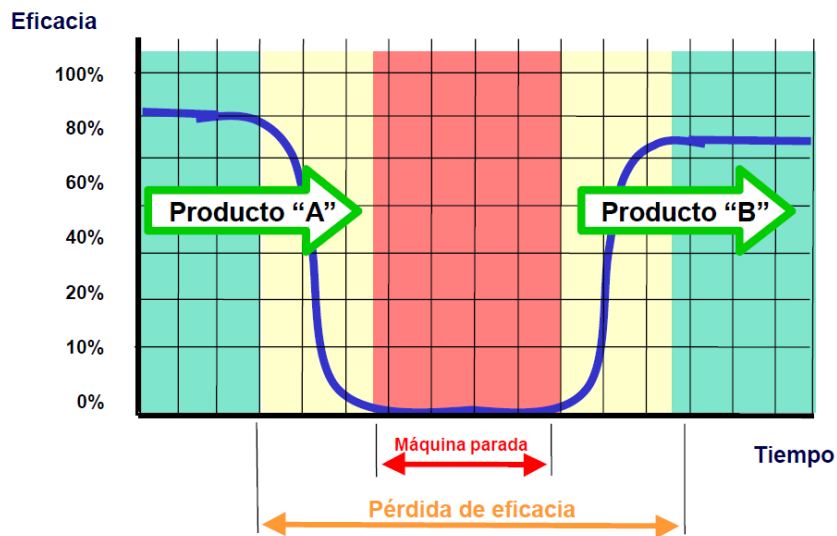


Fig. 9: Pérdida de eficacia durante un cambio en la producción.

Con el SMED se reduce el tiempo no productivo y con esto se puede conseguir:

- Hacer series más cortas de manera económica, permitiendo reducir el stock y mejorar el servicio al cliente.
- Ampliar la capacidad real de las máquinas, pudiendo reducir la inversión y los gastos de producción.

4.1. Metodología para la aplicación del método SMED

A continuación se pasa a explicar los pasos que hay que seguir para aplicar el método SMED en la preparación de los medios productivos.

ETAPA 1: ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Consiste en definir cuál es el procedimiento de cambio de utillaje actual. Para ello es necesario listar todos los pasos que se siguen durante el cambio y anotar el tiempo que se requiere para cada paso.

Como cuenta [Shingo, 1990], al planificar como llevar a la práctica el sistema SMED, se deben estudiar en detalle las condiciones reales de la fábrica. Se puede realizar con un cronómetro, realizando muestreos, pero el mejor método lo constituye la grabación de un video de la operación de preparación completa. Esto es extremadamente efectivo si el video muestra a los trabajadores inmediatamente después de terminar la operación. Si se les proporciona la oportunidad de expresar sus opiniones, a menudo aparecerán ideas y matices útiles que en muchas ocasiones se pueden aplicar inmediatamente.

ETAPA 2: SEPARACIÓN DE TAREAS INTERNAS Y EXTERNAS

Las tareas internas son aquellas que solo se pueden realizar cuando la máquina está parada, por ejemplo montar o desmontar herramientas. En cambio, las tareas externas se pueden realizar con la máquina en funcionamiento, por ejemplo llevar las herramientas viejas al almacén o traer las nuevas.

En este paso se trata de agrupar las tareas externas anteriores al cambio, las tareas internas que se realizan durante el cambio y las tareas externas posteriores al cambio.

Según [Shingo, 1990], el paso más importante en la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y externa. Todo el mundo está de acuerdo en que la preparación de piezas, el mantenimiento de útiles y herramientas y operaciones análogas no se deben hacer mientras la máquina está parada, Sin embargo, esto ocurre con frecuencia.

Los periodos de preparación se pueden reducir entre un 30 y un 50% simplemente separando los procedimientos de preparación interna y externa.

ETAPA 3: CONVERTIR TAREAS INTERNAS EN EXTERNAS

Según [Shingo, 1990], la conversión de preparación interna en externa comprende dos conceptos importantes:

- ✓ Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- ✓ Búsqueda de formas para convertir pasos internos en externos.

Esta etapa consiste en buscar mecanismos que permitan que sea posible realizar tareas internas en externo. Para ello es necesario tomar un punto de vista que no esté influenciado por la manera antigua de realizar una operación.

ETAPA 4: REDUCIR O ELIMINAR TAREAS INTERNAS Y EXTERNAS

Como cuenta [Shingo, 1990], consiste en perfeccionar las operaciones elementales que constituyen la preparaciones internas y externas. Consecuentemente, esta etapa necesitará un análisis detallado de cada operación elemental.

Como en la etapa anterior, en esta hay que buscar mecanismos que mejoren y simplifiquen cada tarea individual.

En la “fig. 10” se observa como disminuye el tiempo de parada por cambio de utillaje conforme se van aplicando las diferentes etapas.

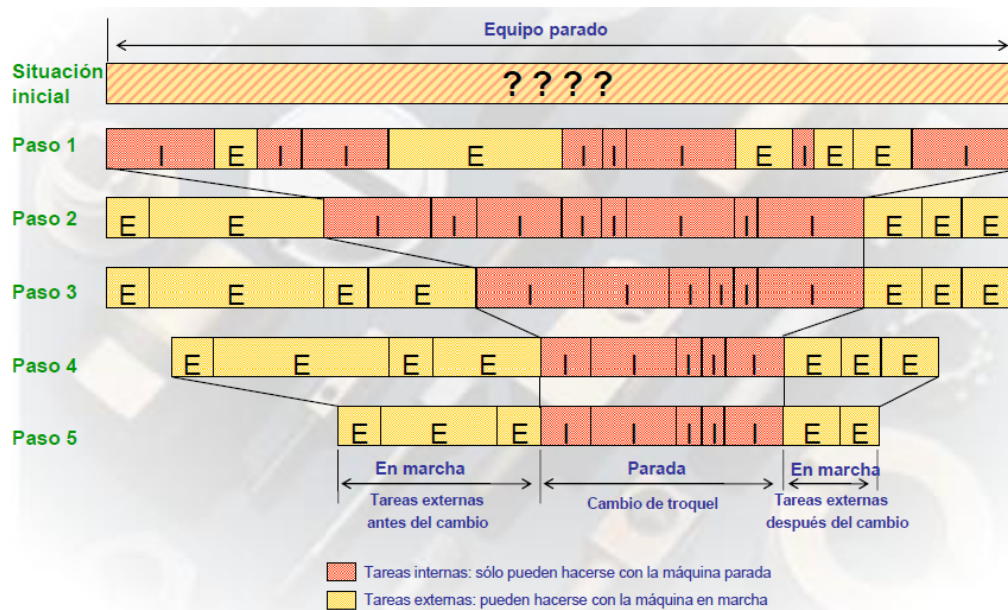


Fig. 10: Pasos para la aplicación del SMED.

5. IMPLANTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

5.1. Descripción de la instalación

La máquina DISA 230-X es un equipo de moldeo vertical en arena verde. Esta máquina es ideal para fundiciones con una producción de series largas, gracias a su velocidad, precisión y fiabilidad. En la “fig. 11” se ve un equipo de moldeo DISA y el inicio del AMC.



Fig. 11: Máquina DISA, Disagroup.

En la “fig. 12” se muestra la vista en alzado de la máquina DISA y del inicio de la máquina AMC.

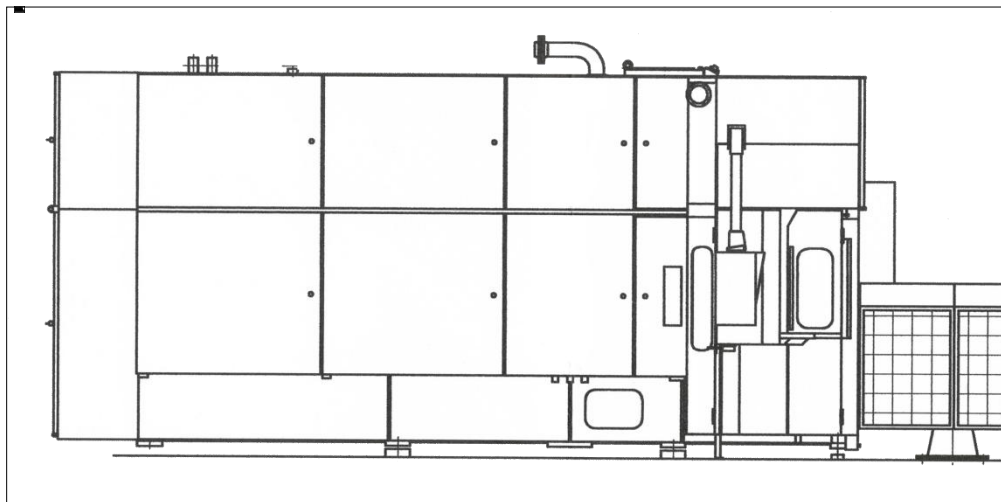


Fig. 12: Vista en alzado de DISA e inicio de AMC.

En la “fig. 13” se muestra la vista en planta de la máquina DISA y del inicio de la máquina AMC.

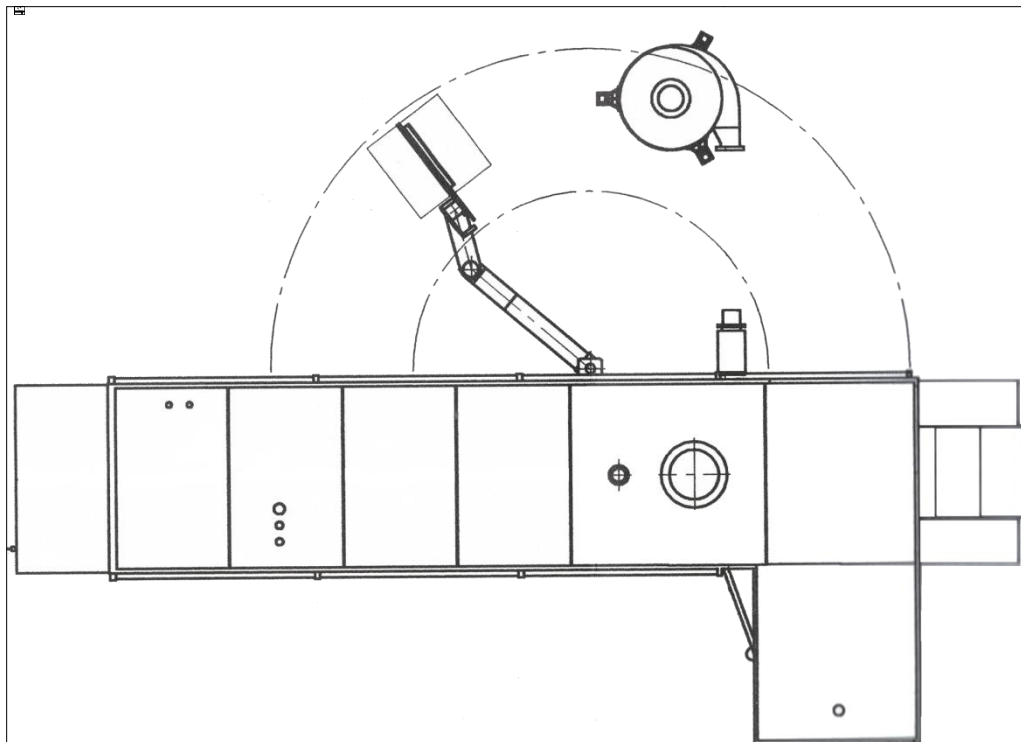


Fig. 13: Vista en planta de DISA e inicio de AMC

La instalación DISA 230-X se encarga de crear los moldes de arena que posteriormente se llenaran con metal fundido.

El ciclo de funcionamiento consta de 6 etapas:

1. **Llenado de la cámara de moldeo:** Se abre la válvula de soplado y desde la tolva se inyecta arena en la cámara de moldeo mediante aire comprimido.

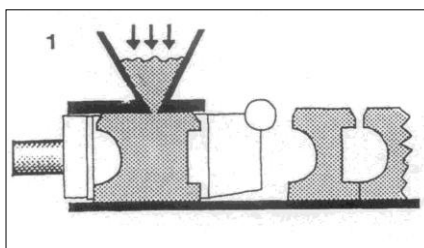


Fig. 14: Llenado de la cámara de moldeo.

2. **Prensado del molde:** La contraplaca se cierra contra la cámara de moldeo y avanza la placa pistón prensando el molde hasta que se alcanza la presión establecida.

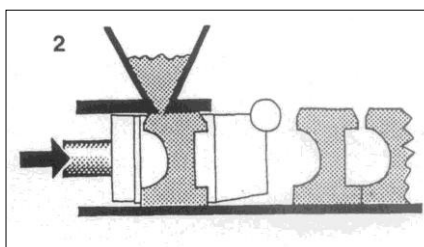


Fig. 15: Prensado del molde.

3. **Retirada de la contraplaca:** La contraplaca se retira del molde y gira hasta su posición horizontal. La cámara de moldeo queda abierta y la mota a la vista.

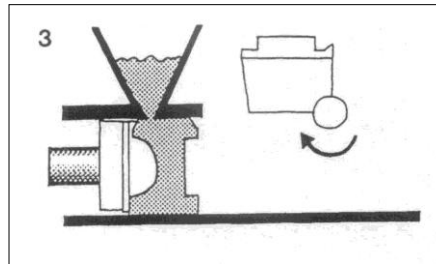


Fig. 16 Retirada de la contraplaca.

- 4. Unión de moldes y transporte:** La placa pistón empuja al molde fuera de la cámara de moldeo. Justo antes de que el molde se una al producido con anterioridad se reduce la velocidad. Después de la unión, el transportador automático de moldes (AMC), que está sincronizado con la placa pistón hace avanzar la fila de moldes la distancia correspondiente a un molde.

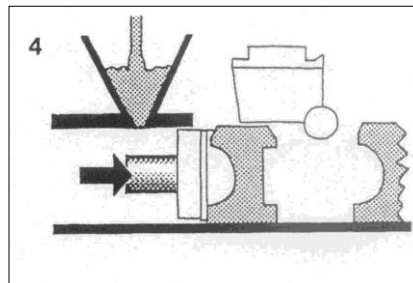


Fig. 17: Unión de moldes y transporte.

- 5. Retirada de la placa pistón:** La placa pistón se retira del molde y vuelve rápidamente a su posición inicial dentro de la cámara de moldeo.

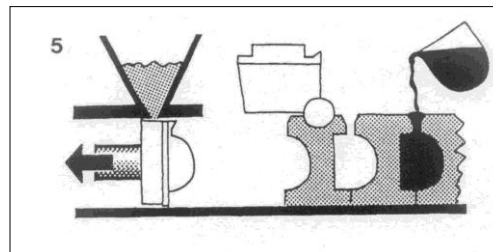


Fig. 18: Retirada de la placa pistón.

- 6. Cierre de la cámara de moldeo:** La contraplaca gira a su posición vertical cerrando la cámara de moldeo.

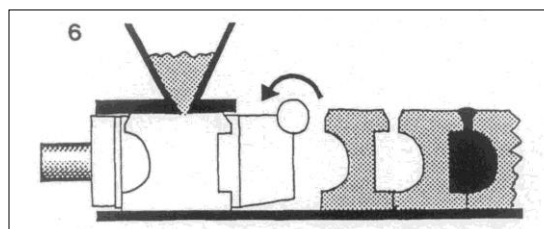


Fig. 19: Cierre de la cámara de moldeo.

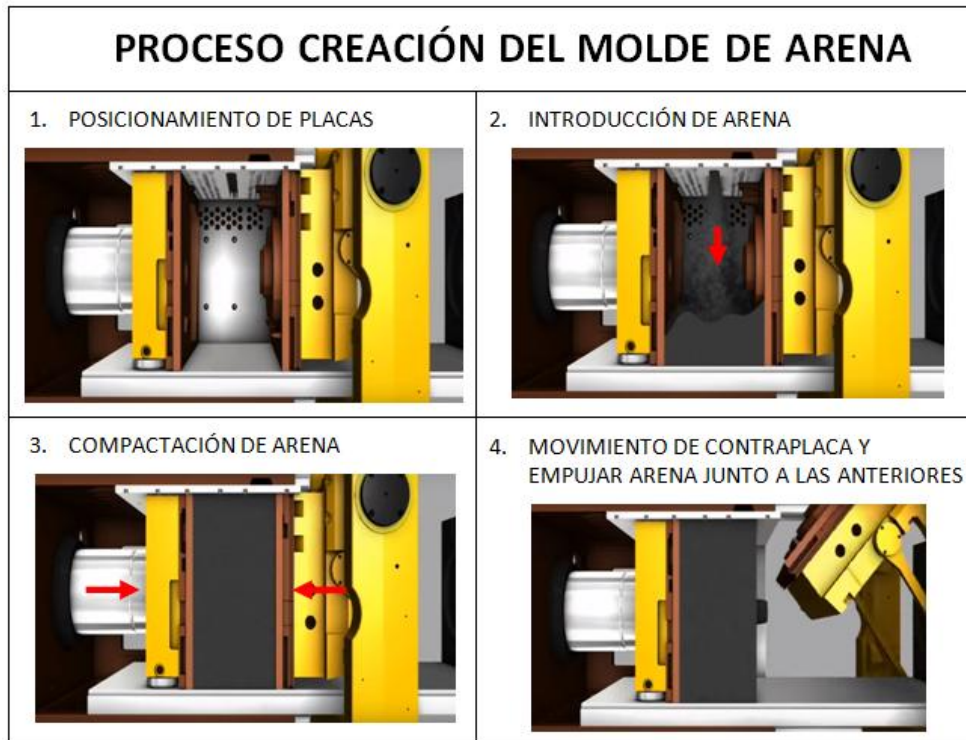


Fig. 20: Proceso de creación de moldes, Disagroup.

Existe la posibilidad de introducir un macho para crear huecos en el interior de la pieza. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se quiere fabricar un disco de freno ventilado. En la “fig. 21” se muestra como se introduce el macho entre las caras de arena.

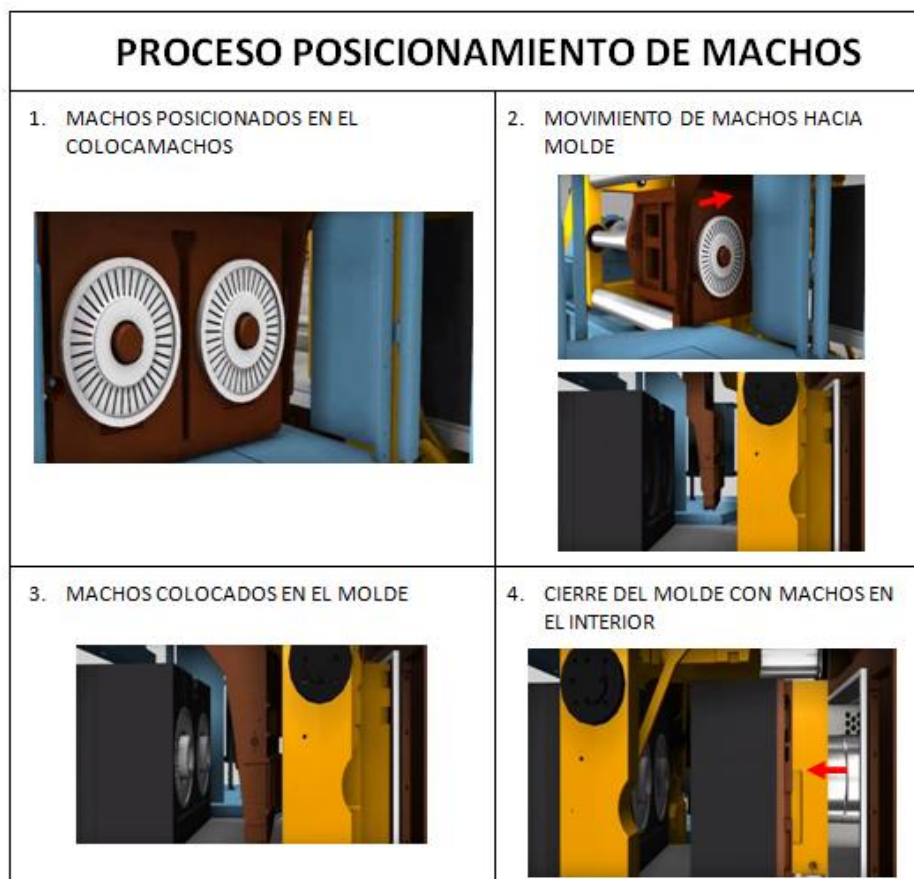


Fig. 21: Posicionamiento de machos, Disagroup.

EL AMC es un transportador automático de moldes que hace pasar la fila de moldes por la zona de colada, solidificación y enfriamiento. Funciona de forma sincronizada con la DISA. Esta parte de la instalación se muestra en la “fig. 22”.

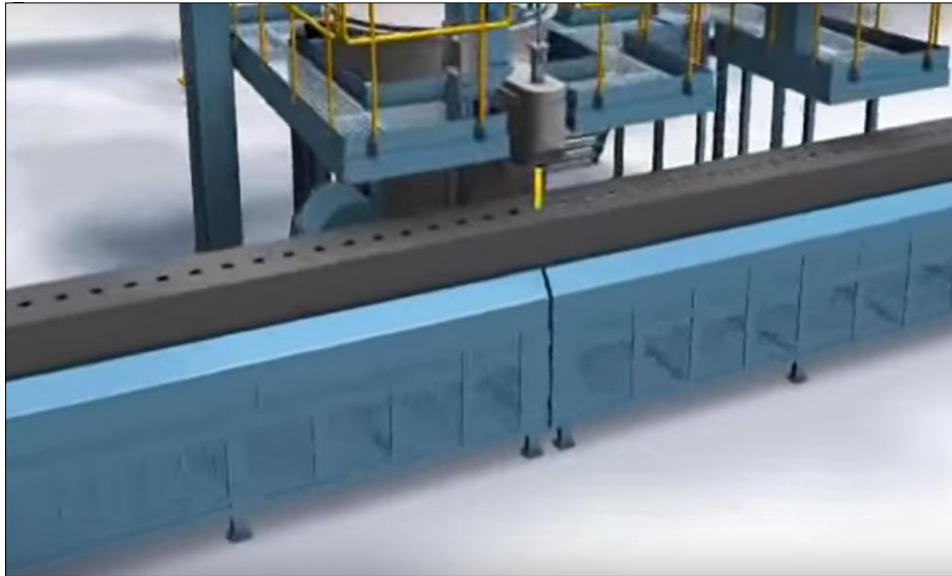


Fig. 22: AMC y colada, Disagroup.

5.2. Restaurar las condiciones originales de la máquina

Este paso consiste en devolver a la maquina a su estado inicial, es decir, limpiar, pintar, arreglar desperfectos... De esta forma se hacen más visibles los problemas que puedan existir.

5.3. Introducción de mejoras sobre la máquina

El objetivo de esta fase, es observar problemas que hay en la instalación y buscar métodos para eliminar o reducir esos problemas.

Las modificaciones pueden ir encaminadas a eliminar focos que producen suciedad, mejorar el funcionamiento de la instalación y mejorar o facilitar la inspección.

En el caso de la máquina en estudio, un equipo, formado por operarios, técnicos de mantenimiento y representantes de la empresa, se ha dividido en varios grupos y la han recorrido, anotando posibles mejoras. Después, se ha reunido el equipo y se han expuesto todas las potenciales mejoras observadas por cada grupo. Finalmente, se ha creado una lista con las mejoras que se van a introducir, la cual, se muestra en la tabla 1

Tabla 1. Gama de mantenimiento preventivo que no requiere parada.

Mejora
Arreglar fugas hidráulicas detectadas
Arreglar fuga en el ciclón
Mejorar orden en la zona (5S)
Limpieza de cristales
Facilitar acceso a deposito gasoil
Delimitar zonas en suelo
Mejorar la iluminación en el puesto
Mejorar Gestión visual en llaves de refrigeración
Colocar sensor de temperatura en válvula de soplado e indicador en puesto
Colocar resistencia en tolva de arena
Numerar puertas de DISA
Estudiar un sistema para evitar que las tortas de metal caigan sobre la cinta
Zona kanban de garrafas de gasoil y lubricante
Marcar depósitos (colores, líquido) identificándolo con su garrafa
Marcar niveles de los depósitos
Estudiar cuanto gasoil se gasta en un turno desfavorable y estudiar cambio de frecuencia
Marcar temperatura en reloj de AMC

5.4. Estandarización

La finalidad de esta operación es hacer un listado con las tareas de automantenimiento que se van a realizar, crear instrucciones y rutas de mantenimiento estandarizadas e introducir una gestión visual sobre la máquina que ayuden a realizar las tareas de mantenimiento.

A. Selección de tareas de mantenimiento autónomo

Sobre esta máquina se ha observado que los operarios de fabricación ya estaban realizando algunas operaciones de mantenimiento con un checklist, hecho por el departamento producción. Al mismo tiempo, los técnicos de mantenimiento tenían su propia gama de mantenimiento preventivo. De manera, que muchas de las operaciones estaban duplicadas.

Primero, se ha seleccionado las tareas de mantenimiento preventivo que pueden pasar a ser hechas por los operarios de producción. Se ha decidido, que estas operaciones serán las que no requieran que la máquina este parada, y al mismo tiempo, las que tengan un grado de dificultad y de tiempo de realización asumible por los operarios. En la tabla 2 se muestran las tareas de mantenimiento preventivo que no requieren parada de máquina.

Tabla 2. Gama de mantenimiento preventivo que no requiere parada.

LINEA DE MOLDEO 2	
GAMA	MD-LM.33
MANTENIMIENTO	REVISIÓN MECÁNICA DIARIA LINEA DE MOLDEO 2
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	DÍAS
DISA 2 (230-X) cod. 46000	
Controlar nivel de aceite	M, X, J, V
Detectar ruidos o vibraciones anormales	M, X, J, V
Observar detenidamente el funcionamiento de la instalación	M, X, J, V
Inspección visual de fugas de aceite, agua, aire	M, X, J, V
Inspeccionar la banda y los rodillos de la cinta alimentación de arena	M, X, J, V
Engrase tirantes: rellenar con aceite Cod. 049-070	M, X, J, V
Detectar fugas	M, X, J, V
Revisar sistema de cilindro y grupo hidráulico	M, X, J, V
Engrasar compuerta de arena con GRASA KALOR VERKOL EP-X2 cod 049-055	X
AMC 2 cod. 46020	
Detectar fugas	M, X, J, V
Revisar sistema de cilindro y grupo hidráulico	M, X, J, V

De la tabla 2 se puede eliminar “Detectar ruidos y vibraciones anormales” y “Observar detenidamente el funcionamiento de la instalación” porque los operarios ya realizan estas operaciones durante su trabajo. También se elimina “Engrasar compuerta de arena con GRASA KALOR VERKOL EP-X2 cod. 049-055”, ya que tiene una dificultad elevada. Por lo tanto en la tabla 3 se muestran las tareas de mantenimiento preventivo que pueden pasar a ser realizadas por los operarios.

Tabla 1. Tareas de mantenimiento preventivo que pueden pasar a automantenimiento.

LINEA DE MOLDEO 2	
GAMA	MD-LM.33
MANTENIMIENTO	REVISIÓN MECÁNICA DIARIA LINEA DE MOLDEO 2
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	FRECUENCIA
DISA 2 (230-X) cod. 46000	
Controlar nivel de aceite	24h
Inspección visual de fugas de aceite, agua, aire	24h
Inspeccionar la banda y los rodillos de la cinta alimentación de arena	24h
Engrase tirantes: rellenar con aceite Cod. 049-070	24h
Detectar fugas	24h
Revisar sistema de cilindro y grupo hidráulico	24h
AMC 2 cod. 46020	
Detectar fugas	24h
Revisar sistema de cilindro y grupo hidráulico	24h

Después, se ha combinado la lista anterior, procedente de la gama de mantenimiento preventivo, con el checklist que tenían los operarios de fabricación mostrado en la tabla 4.

Tabla 2. Tareas de mantenimiento del checklist de producción.

LINEA DE MOLDEO 2	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	FRECUENCIA
Llave refrigeración DISA abierta	8 h
Llave refrigeración AMC abierta	8 h
Calentamiento tablero AMC	8 h
Válvula de soplado	8 h
Topes contraplaca	8 h
Soplador contraplaca	8 h
Funcionamiento de pisones	8 h
Comprobar tolva de arena	8 h
Calentamiento placa y contraplaca	8 h
Comprobar nivel gasoil en DISA y rellenar	8 h
Comprobar carga de arena en bandeja bajo DISA	8 h
Comprobar carga de arena en bandeja bajo AMC	8 h
Goma de estanqueidad SP	8h
Estado cámara Disa (mesa, techo...)	8h

Las tareas de este checklist se realizan por turnos, es decir, tres inspecciones al día, cada 8 horas.

De manera que, combinando las dos listas anteriores, se llega a una lista como la que se muestra en la tabla 5, que será la lista de tareas de mantenimiento autónomo.

Tabla 3. Gama de mantenimiento autónomo.

LINEA DE MOLDEO 2	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	
INSPECCIÓN DIARIA	Comprobar topes de contraplaca
	Nivel aceite DISA
	Temperatura aceite AMC
	Nivel aceite AMC
	Engrase tirantes: rellenar con aceite Cod. 049-070
	Inspección visual fugas aceite DISA
	Inspección visual fugas aceite AMC
INSPECCIÓN POR TURNO	Llave refrigeración DISA abierta
	Llave refrigeración AMC abierta
	Calentamiento tablero AMC
	Válvula de soplado
	Soplador contraplaca
	Funcionamiento de pisones
	Comprobar tolva de arena
	Calentamiento placa y contraplaca
	Comprobar nivel gasoil en DISA y rellenar

Comprobar carga de arena en bandeja bajo DISA
Comprobar carga de arena en bandeja bajo AMC
Goma de estanqueidad SP
Estado cámara Disa (mesa, techo...)
Orden y limpieza de herramientas, garrafas...

B. Rutas de mínimo desplazamiento

Para realizar estas tareas, con la mayor eficiencia, se han creado unas rutas que minimizan el desplazamiento y, por lo tanto, las pérdidas de tiempo.

Las actividades se van a dividir en grupos para que no tengan que ser realizadas de una sola vez, ocupando un tiempo continuo, del cual no dispone el operario. Se ha decidido que las tareas de mantenimiento con frecuencia diaria solo se realicen en el primer turno, el de mañanas. Así, las tareas se harán de manera discontinua en periodos de tiempo más cortos. El criterio que se ha seguido para hacer los grupos ha sido:

- Tiempo para realizar cada tarea individualmente
- Posición de cada tarea en la máquina.

El orden de realización de cada tarea se ha elegido según las rutas de mínimo desplazamiento. En la tabla 6 se muestra la gama de mantenimiento autónomo dividido en rutas.

Tabla 4. Tareas de mantenimiento autónomo

Tarea	Tipo	Ruta	Operación de Ruta	Frecuencia	Tiempo	Máquina
Orden y limpieza	Inspección Visual	A	0	Turno		DISA
Funcionamiento de los pisonos	Inspección Visual	A	1	Turno	20	DISA
Comprobar si están los Topes de Contraplaca, apretar y Limpiar	IV y Limpieza	A	2	Diaria	20	DISA
Comprobar Sopladores de Contraplaca	Inspección Auditiva	A	3	Turno	20	DISA
Goma estanqueidad SP	Inspección Visual	A	4	Turno	20	DISA
Estado cámara Disa (mesa, techo)	Inspección Visual	A	5	Turno	20	DISA
Comprobar Correcto Funcionamiento Valvula de Soplado	Inspección Visual	A	6	Turno	6	DISA
Orden y limpieza	Inspección Visual	B	0	Turno		DISA
Comprobar Calentamiento de Placa y Contraplaca	Inspección Visual	B	1	Turno	10	DISA

Inspección Visual de Fugas de Aceite DISA	Inspección Visual	B	2	Diaria	52	DISA
Comprobar Nivel de Gasoil y Rellenar	Lubricación	B	3	Turno	63	DISA
Comprobar Carga de Arena en la bandeja en DISA	Inspección Visual	B	4	Turno	15	DISA
Llaves Refrigeración Abiertas DISA	Inspección Visual	B	5	Turno	10	DISA
Revisar Nivel y Rellenar Tanque Engrase de Tirantes	Lubricación	B	6	Diaria	67	DISA
Comprobar Nivel Aceite DISA	Inspección Visual	B	7	Diaria	67	DISA
Orden y limpieza	Inspección Visual	C	0	Turno		AMC
Comprobar Calentamiento Tableros AMC	Inspección Visual	C	1	Turno	12	AMC
Revisar Nivel y Temperatura Aceite AMC	Inspección Visual	C	2	Diaria	6	AMC
Llaves Refrigeración Abiertas AMC	Inspección Visual	C	3	Turno	10	AMC
Comprobar Carga de Arena en la bandeja en AMC	Inspección Visual	C	4	Turno	42	AMC
Inspección Visual de Fugas de Aceite AMC	Inspección Visual	C	5	Diaria	32	AMC
Orden y limpieza	Inspección Visual	D	0	Turno		DISA
Comprobar Tolva De Arena	Inspección Visual	D	10	Turno	Sin Tiempo	DISA
Total					492	

En las “fig. 23, 24, 25, 26” se muestran las rutas marcadas sobre los planos de la máquina.

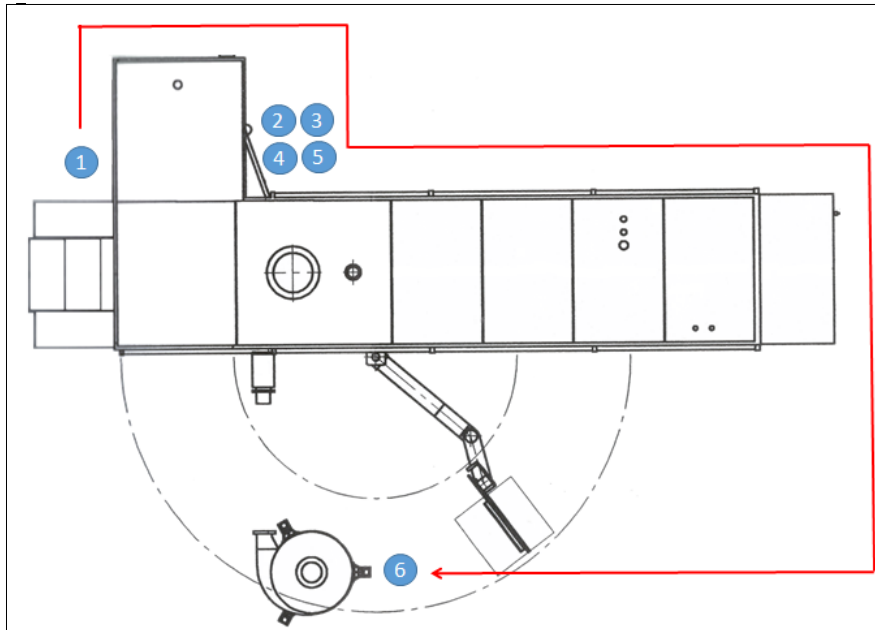


Fig. 23: Ruta A.

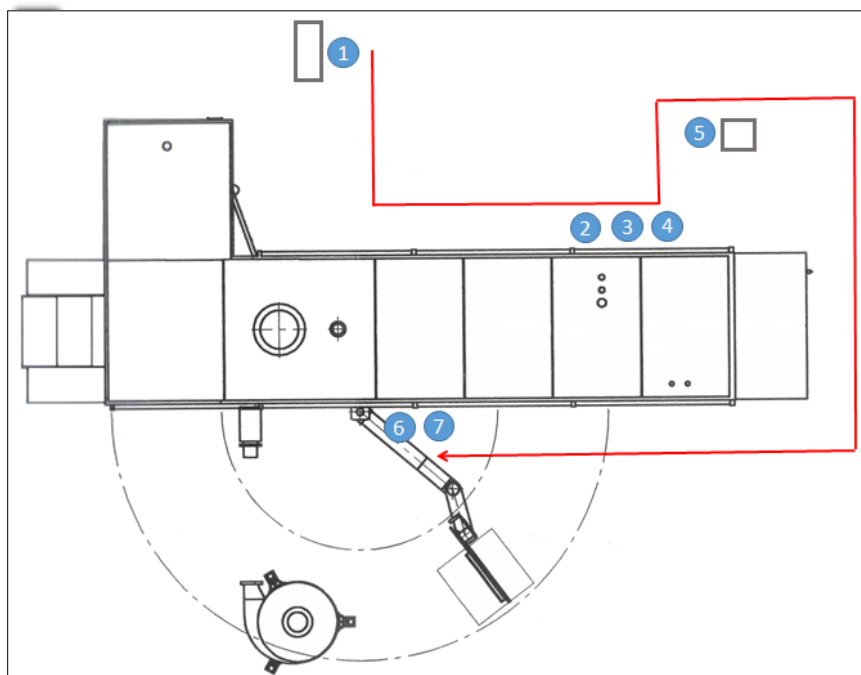


Fig. 24: Ruta B.

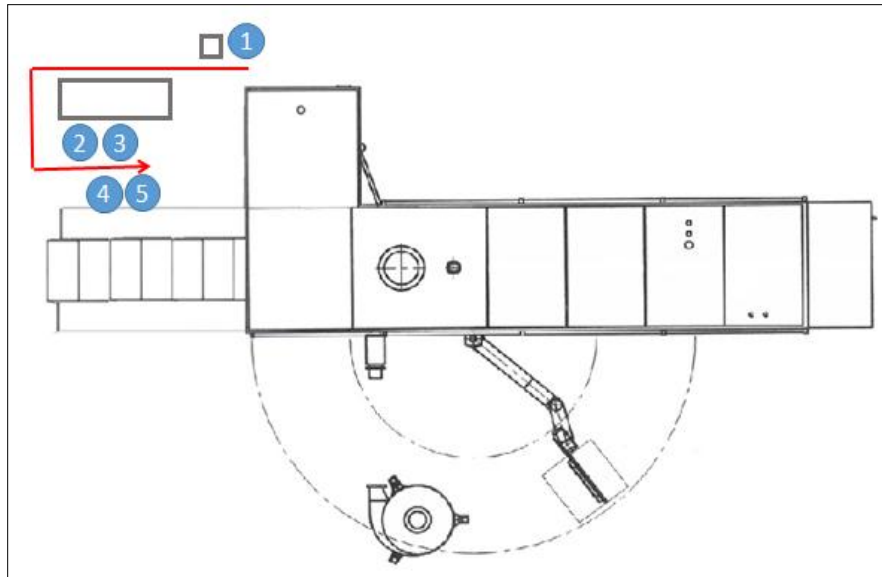


Fig. 25: Ruta C.

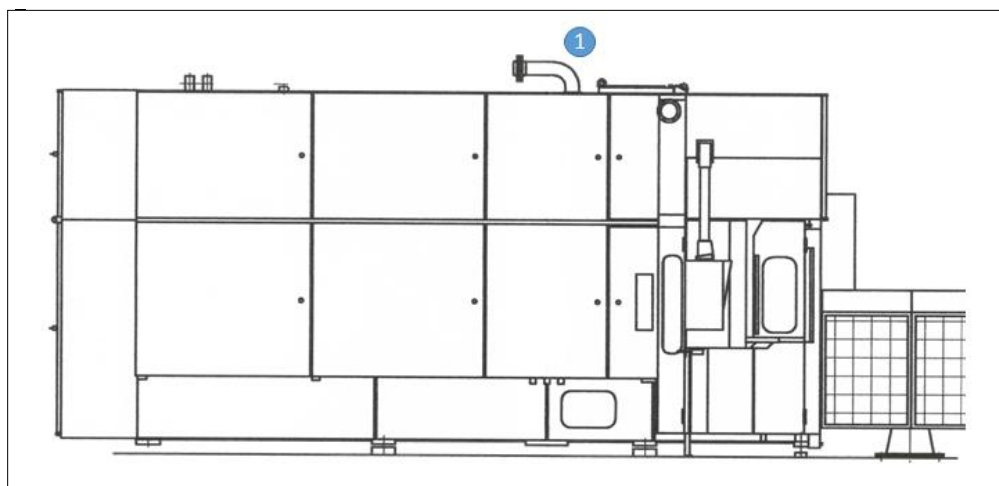


Fig. 26: Ruta D.

C. Instrucciones de mantenimiento autónomo

Para ayudar al operario a realizar las tareas de automantenimiento, se han creado unas instrucciones, en las cuales se indican las herramientas necesarias, los pasos a realizar y las acciones correctivas que se han de tomar en cada caso.

Para tomar siempre las mismas decisiones y que, estas sean las correctas ante una misma incidencia, se han estandarizado las acciones correctivas. Esta estandarización de acciones correctivas, se ha realizado por niveles de gravedad, indicando como actuar en cada caso. En la tabla 7 se muestran los niveles de gravedad de las acciones correctivas.

Tabla 7. Acciones correctivas

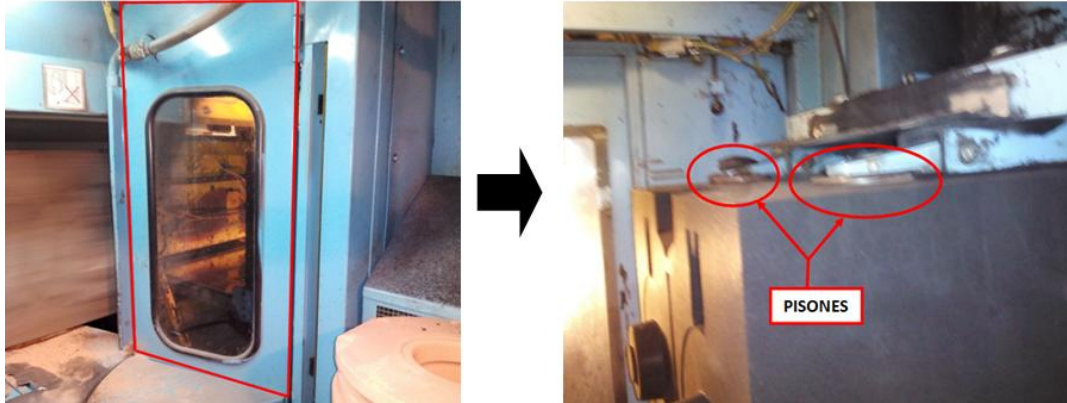
NIVEL DE GRAVEDAD DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS		
NIVEL	GRAVEDAD	ACCIÓN
0	MUY ALTA	El propio operario decide parar la máquina inmediatamente, por la integridad de esta. Activa el protocolo de parada y abre orden de trabajo.
1	MUY ALTA	El operario avisa a supervisor y este decide si hay que parar la máquina. Abrir orden de trabajo y activar protocolo de parada si hay que parar.
2	ALTA	Aviso urgente a mantenimiento, abriendo una orden de trabajo para que se haga la reparación ese mismo día.
3	MEDIA	Reparación con máquina parada. El sistema GMAO (PRISMA) abre la orden de trabajo automáticamente al introducirle los resultados del checklist.
4	BAJA	El operario corrige el fallo y lo deja registrado en el checklist.

A continuación se muestran las instrucciones de cada tarea del plan de automantenimiento.

RUTA A

Tarea	Tipo	Ruta	Operación de Ruta	Frecuencia	Tiempo
Orden y limpieza	Inspección Visual	A	0	Turno	
Funcionamiento de los pisonos	Inspección Visual	A	1	Turno	20
Comprobar si están los Topes de Contraplaca, apretar y Limpiar	IV y Limpieza	A	2	Diaria	20
Comprobar Sopladores de Contraplaca	Inspección Auditiva	A	3	Turno	20
Goma estanqueidad SP	Inspección Visual	A	4	Turno	20
Estado de cámara Disa (mesa, techo)	Inspección Visual	A	5	Turno	20
Comprobar Correcto Funcionamiento Válvula de Soplado	Inspección Visual	A	6	Turno	6
Total					106

1/6 - FUNCIONAMIENTO DE PISONES



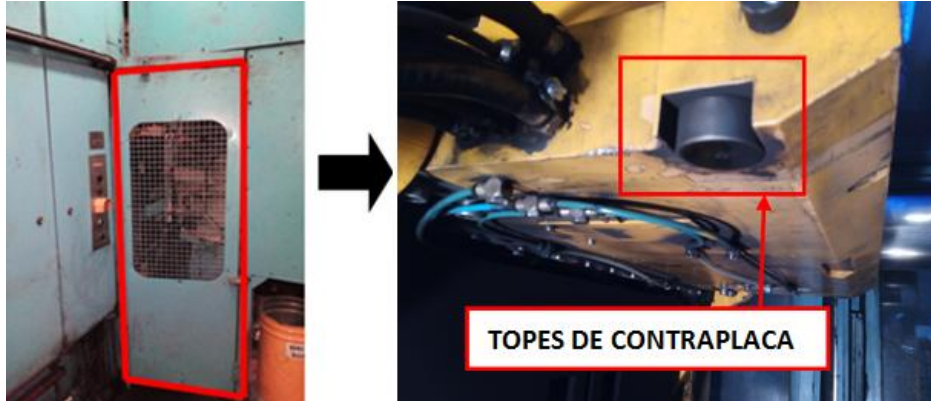
INSTRUCCIONES:

1. Parar máquina.
2. Abrir puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.
3. Comprobar visualmente que los pisones sujetan el molde correctamente contra la mesa y no es arrastrado.
4. Cerrar puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.

ACCIÓN CORRECTIVA:

- **NIVEL 1** (Avisar a supervisor)

2/6 - COMPROBAR SI ESTAN LOS TOPES DE CONTRAPLACA, APRETAR Y LIMPIAR (DIARIA)



HERRAMIENTAS:

- Llave fija o inglesa (apriete).
- Trapo (limpieza).

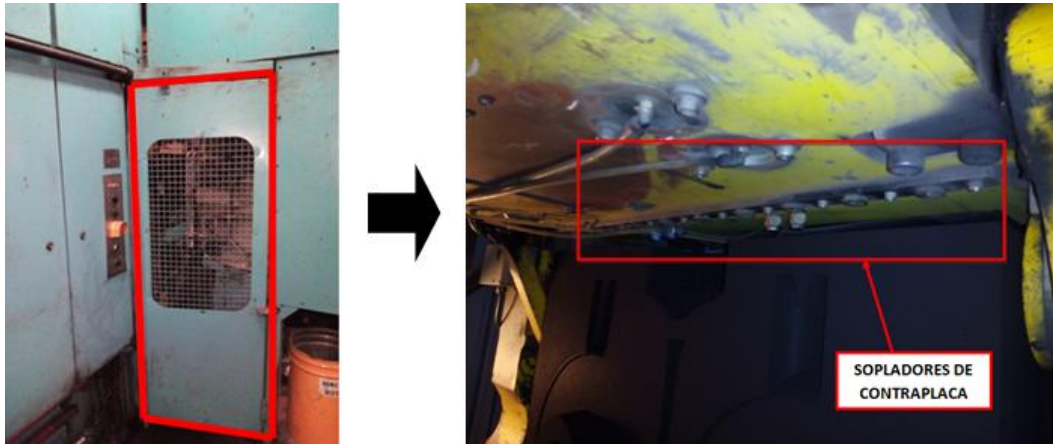
INSTRUCCIONES:

1. Parar máquina o aprovechar cambio de colada
2. Abrir puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.
3. Comprobar que los topes de contraplaca están en su sitio.
4. Verificar apriete.
5. Limpiar con un trapo si es necesario.
6. Cerrar puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.
7. Encender máquina.

ACCIÓN CORRECTIVA:

- 1º posibilidad: Tope sin apretar y/o sucio. **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).
- 2º posibilidad: No está el tope en su sitio. **NIVEL 0** (parar máquina y avisar a mantenimiento)

3/6 - COMPROBAR SOPLADORES DE CONTRAPLACA



INSTRUCCIONES:

1. Parar máquina.
2. Abrir puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.
3. Activar los sopladores con la maquina parada, y comprobar, pasando la mano, que los sopladores expulsan aire.
4. Cerrar puerta de acceso a DISA de la zona de trabajo.

ACCION CORRECTIVA:

- 1º posibilidad: no funciona algún soplador. **NIVEL 3** (reparación no urgente por mantenimiento).
- 2º posibilidad: fallo de todos los sopladores. **NIVEL 1** (Avisar a supervisor).

4/6 – GOMA ESTANQUEIDAD SP



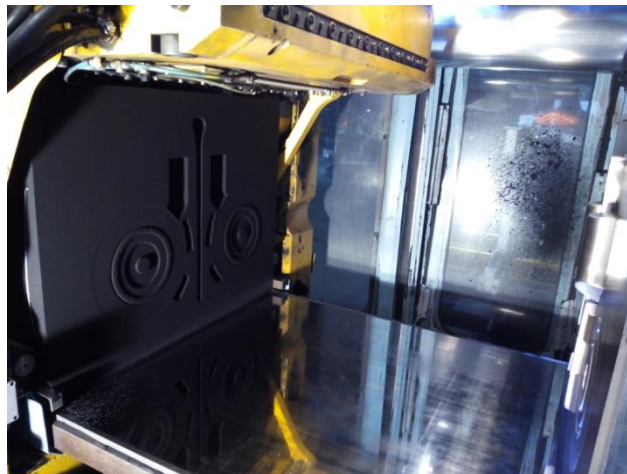
INSTRUCCIONES:

1. Comprobar el correcto estado de la junta de estanqueidad.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 1** (Avisar a supervisor).

5/6 – ESTADO DE CAMARA DISA



INSTRUCCIONES:

1. Comprobar el correcto estado de la mesa, y techo de la cámara de la disa.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 1** (Avisar a supervisor).

6/6 - COMPROBAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO VÁLVULA DE SOPLADO



INSTRUCCIONES:

2. Comprobar que la válvula de soplado expulsa aire.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 1** (Avisar a supervisor).

RUTA B

Tarea	Tipo	Ruta	Operación de Ruta	Frecuencia	Tiempo
Orden y limpieza	Inspección Visual	B	0	Turno	
Comprobar Calentamiento de Placa y Contraplaca	Inspección Visual	B	1	Turno	10
Inspección Visual de Fugas de Aceite DISA	Inspección Visual	B	2	Diaria	52
Comprobar Nivel de Gasoil y Rellenar	Lubricación	B	3	Turno	63
Comprobar Carga de Arena en la bandeja en DISA	Inspección Visual	B	4	Turno	15
Llaves Refrigeración Abiertas DISA	Inspección Visual	B	5	Turno	10
Revisar Nivel y Rellenar Tanque Engrase de Tirantes	Lubricación	B	6	Diaria	67
Comprobar Nivel Aceite DISA	Inspección Visual	B	7	Diaria	67
Total					284

1/7 - COMPROBAR CALENTAMIENTO DE PLACA Y CONTRAPLACA



HERRAMIENTAS:

- Gama de trabajo de la pieza.

INSTRUCCIONES:

1. Activar la pantalla F8 del monitor de control del proceso.
2. Comprobar que la temperatura de placa y contraplaca son superiores a la temperatura de la arena. Esta temperatura está indicada en la gama de trabajo de la pieza.

ACCION CORRECTIVA:

- 1º posibilidad: temperatura incorrecta. **NIVEL 4** (el operario lo arregla en la pantalla F2 y lo refleja en el checklist).
- 2º posibilidad: El monitor no marca bien la temperatura. **NIVEL 1** (Avisar a supervisor)

2/7 - INSPECCIÓN VISUAL DE FUGAS DE ACEITE EN DISA (DIARIA)

ZONA:



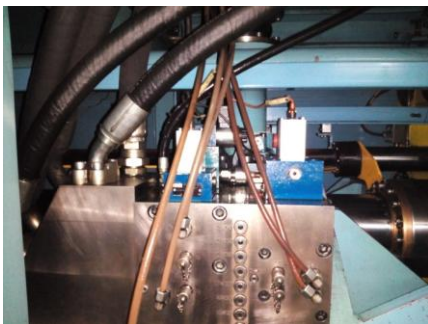
CILINDRO



CILINDRO



GRUPO DE VÁLVULAS



HERRAMIENTAS:

- Llave de la puerta.
- Linterna

INSTRUCCIONES:

1. Abrir puertas de acceso a DISA números DR7 y DR8.
2. Inspección visual de fugas de aceite en el cilindro, retenes de cilindro, grupo de válvulas.
3. Cerrar puertas de acceso a DISA números DR7 y DR8.

ACCIÓN CORRECTIVA:

- **NIVEL 3** (reparación no urgente por mantenimiento).

3/7 - COMPROBAR NIVEL DE GASOIL Y RELLENAR

ZONA:



HERRAMIENTAS:

- Llave de la puerta.
- Linterna.
- Garrafa con gasoil.

INSTRUCCIONES:

1. Abrir puerta de acceso a DISA número DL8.
2. Comprobar el nivel de gasoil.
3. Rellenar el depósito de gasoil con la garrafa de de gasoil, de color .
4. Cerrar puerta de acceso a DISA número DL8.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).

4/7 - COMPROBAR CARGA DE ARENA EN LA BANDEJA EN DISA



HERRAMIENTAS:

- Linterna.

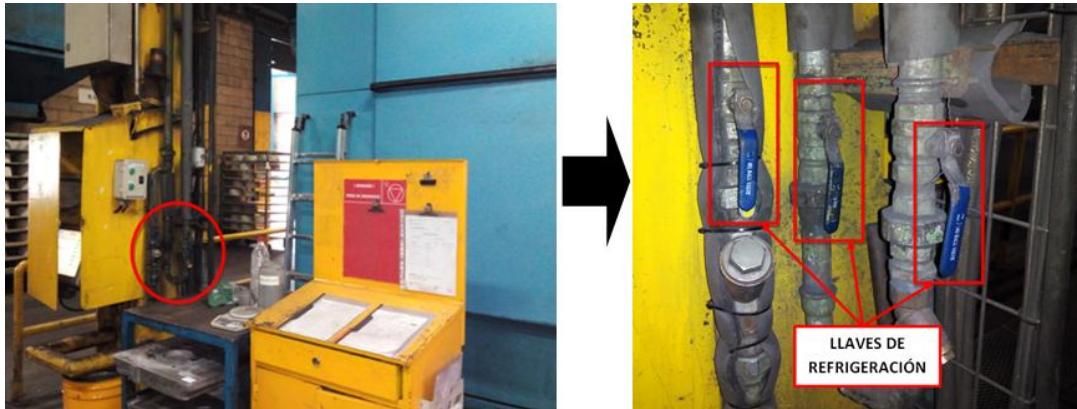
INSTRUCCIONES:

1. Inspeccionar visualmente, por el hueco inferior de la máquina, la carga de arena que tiene la bandeja.
2. Observar que no haya arena acumulada.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

5/7 - LLAVES REFRIGERACIÓN DE DISA ABIERTAS



INSTRUCCIONES:

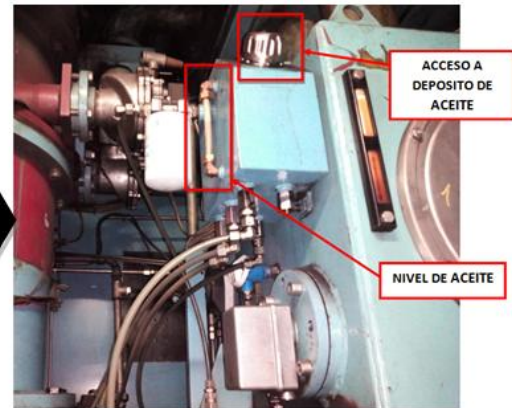
1. Comprobar que las llaves de refrigeración están abiertas.



ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).

6/7 - REVISAR NIVEL Y RELLENAR TANQUE ENGRASE DE TIRANTES (DIARIA)



HERRAMIENTAS:

- Llave de la puerta.
- Linterna.
- Garrafa con **Aceite Código 049-070**.

ACEITE 049-070

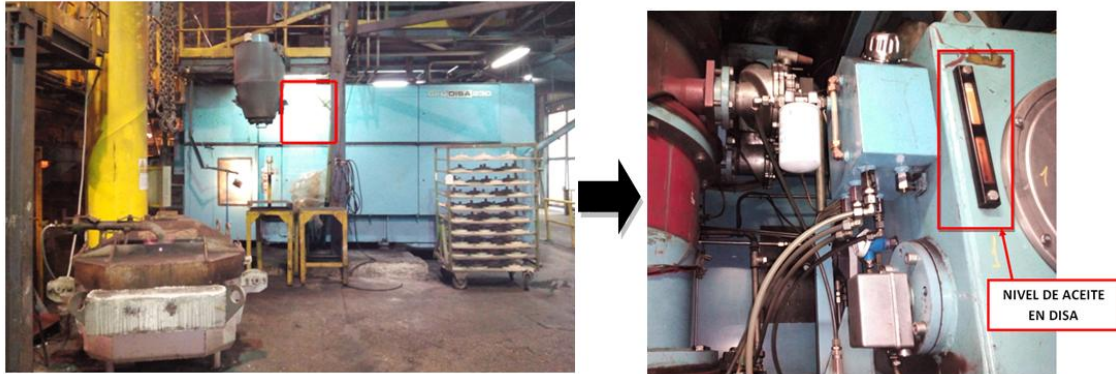
INSTRUCCIONES:

1. Abrir puerta de acceso a DISA número DL2
2. Comprobar nivel de aceite y rellenar hasta el máximo.
3. Cerrar puerta de acceso a DISA número DL2.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).

7/7 - COMPROBAR NIVEL ACEITE DISA (DIARIA)



HERRAMIENTAS:

- Llave de la puerta.
- Linterna.

INSTRUCCIONES:

1. Abrir puerta de acceso a DISA número DL2.
2. Comprobar nivel de aceite de DISA está por encima del nivel marcado.
3. Cerrar puerta de acceso a DISA número DL2.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

RUTA C

Tarea	Tipo	Ruta	Operación de Ruta	Frecuencia	Tiempo
Orden y limpieza	Inspección Visual	C	0	Turno	
Comprobar Calentamiento Tableros AMC	Inspección Visual	C	1	Turno	12
Revisar Nivel y Temperatura Aceite AMC	Inspección Visual	C	2	Diaria	6
Llaves Refrigeración Abiertas AMC	Inspección Visual	C	3	Turno	10
Comprobar Carga de Arena en la bandeja en AMC	Inspección Visual	C	4	Turno	42
Inspección Visual de Fugas de Aceite AMC	Inspección Visual	C	5	Diaria	32
Total					102

1/5 - COMPROBAR CALENTAMIENTO TABLEROS AMC



INSTRUCCIONES:

1. Comprobar que el piloto verde está encendido y el rojo apagado.
2. Si el verde está apagado y el rojo encendido, aplicar la acción correctiva.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

2/5 - REVISAR NIVEL Y TEMPERATURA DE ACEITE AMC (DIARIA)

ZONA:



NIVEL DE ACEITE



HERRAMIENTAS:

- Linterna.

INSTRUCCIONES:

1. Comprobar visualmente el nivel de aceite de AMC está por encima del nivel mínimo admisible marcado.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

TEMPERATURA DE ACEITE



HERRAMIENTAS:

- Linterna.

INSTRUCCIONES:

1. Comprobar visualmente la temperatura del aceite esta dentro de los límites establecidos.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

3/5 - LLAVES REFRIGERACIÓN DE AMC ABIERTAS

ZONA:



LLAVES DE REFRIGERACIÓN

HERRAMIENTAS:

- Linterna.

INSTRUCCIONES:

1. Comprobar que las llaves de refrigeración están abiertas.



ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).

4/5 - COMPROBAR CARGA DE ARENA EN LA BANDEJA EN AMC



HERRAMIENTAS:

- Linterna.

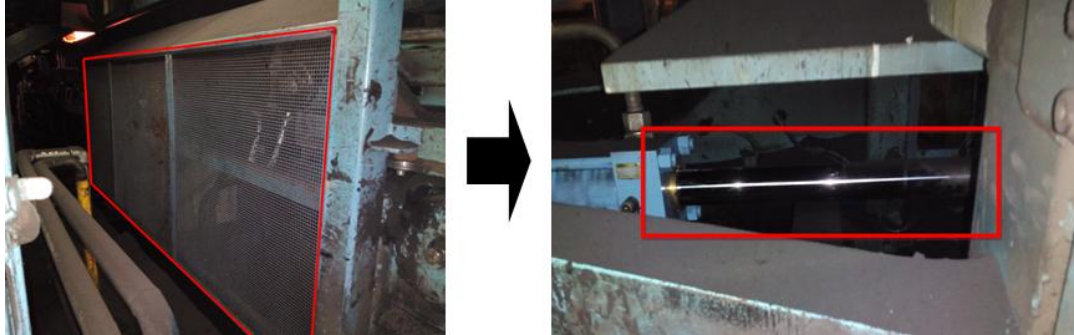
INSTRUCCIONES:

1. Inspeccionar visualmente, por el hueco inferior de la máquina, a lo largo de toda la línea, la carga de arena que tiene la bandeja.
2. Observar que no haya arena acumulada.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 2** (aviso urgente a mantenimiento para reparar el mismo día).

5/5 - INSPECCIÓN VISUAL DE FUGAS DE ACEITE DEL AMC (DIARIA)



HERRAMIENTAS:

- Linterna

INSTRUCCIONES:

1. Inspección visual de fugas de aceite, a través de la rejilla, en el cilindro y retenes de cilindro.

ACCIÓN CORRECTIVA:

- **NIVEL 3** (reparación no urgente por mantenimiento).

RUTA D

Tarea	Tipo	Ruta	Operación de Ruta	Frecuencia	Tiempo
Orden y limpieza	Inspección Visual	D	0	Turno	
Comprobar Tolva De Arena	Inspección Visual	D	1	Turno	
Total					0

1/1 - COMPROBAR TOLVA DE ARENA



HERRAMIENTAS:

- Martillo

INSTRUCCIONES:

1. Inspeccionar si la arena se sale fuera de la tolva.
2. Golpear tolva con martillo para que caiga la arena.
3. Limpiar la arena que hay fuera.

ACCION CORRECTIVA:

- **NIVEL 4** (el operario lo arregla y refleja en el checklist).

D. Gestión visual

Se trata de colocar elementos visuales sobre la máquina que ayuden a realizar las tareas de mantenimiento. En estos elementos se utilizan colores, símbolos y marcas que hagan visuales e intuitivas las tareas de mantenimiento.

Los elementos de gestión visual que se utilizan son:

- a) **Etiquetas de colores:** Se colocan en puntos visibles de la ruta donde hay que realizar alguna tarea de mantenimiento.

En estas etiquetas se ha utilizado un código de colores por el tipo de tarea que hay que realizar, de manera que el operario, cuando vea el color, sepa qué tipo de tarea tiene que realizar. El código de colores utilizado es el siguiente:

- Amarillo: Limpieza.
- Blanco: Lubricación, revisión de niveles y llenado de depósitos.
- Naranja: Inspección visual.
- Verde: Comprobaciones físicas como aprietes.

Además, en las etiquetas se muestra información sobre la tarea a realizar:

- Descripción de la tarea.
- Ruta a la que pertenece.
- Orden en la ruta.
- Herramientas o consumibles necesarios.
- Acciones correctivas.
- Peligros que puede haber.

En la “fig. 27” se observa un ejemplo de etiqueta.



Fig. 27: Ejemplo de etiqueta.

- b) Señalización en depósitos:** Consiste en indicar en cada depósito el consumible con el que se rellena, utilizando códigos de números y de colores.

En cuanto a los códigos de colores, se identifica a cada consumible con un color, de manera que la garrafa y el depósito correspondiente se relacionen con ese color.

Cada consumible tiene una codificación numérica, la cual, se indica en el depósito y en la garrafa del consumible. En la fig. 28 se muestra un ejemplo.



Fig 28: Señalización de depósito

- c) **Señalización de niveles:** Los indicadores de nivel de consumible de los depósitos están marcados, mostrando el mínimo nivel de consumible que puede haber en el depósito. De esta manera se facilita la comprobación de niveles al operario de fabricación. En la fig. 29 se muestra un ejemplo.



Fig 29: Marca de nivel de aceite

- d) **Señalización de temperaturas:** En los relojes de temperatura se indica el rango admisible de temperaturas, facilitando la comprobación de temperaturas al operario de fabricación. En la fig. 30 se muestra un ejemplo.



Fig 30: Marca de temperatura correcta

- e) **Panel TPM:** Es un panel que está situado al lado de la máquina. En él se encuentran las instrucciones de mantenimiento, las auditorías kamishibai y el estado de las mejoras o reparaciones pendientes. En la fig. 31 se muestra el panel TPM.



Fig 31: Panel TPM

- f) **Checklist:** Es el formulario que tiene que rellenar el operario cuando realiza las tareas de automantenimiento. En este formulario indica el estado de cada revisión que realiza. El checklist se introduce todos los días en el programa GMAO para hacer un historial con los acontecimientos que surjan y para que el programa lance órdenes de trabajo a los técnicos de mantenimiento cuando tengan que reparar alguna avería. En la tabla 8 se muestra el checklist utilizado para realizar las tareas de automantenimiento

Tabla 8. Checklist

 LINGOTES ESPECIALES, S.A.		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO											
												OT. N°	
MÁQUINA: DISA 2 Y AMC 2										IM...			
GAMA: REVISION DISA 2 Y AMC 2										FECHA:			
Ruta	Orden	Tareas	OPERARIO			OPERARIO			OPERARIO			Observaciones	
			Turno Mañana			Turno Tarde			Turno Noche				
			B	A	M	B	A	M	B	A	M		
A	0	Orden y Limpieza											
A	1	Comprobar Funcionamiento de los pisones											
A	2	Comprobar si están los Topes de Contraplaca, apretar y Limpiar											
A	3	Comprobar Sopladores de Contraplaca											
A	4	Goma estanqueidad SP											
A	5	Estado cámara Disa (mesa, techo)											
A	6	Comprobar Correcto Funcionamiento Válvula de Soplado											
<hr/>													
B	0	Orden y Limpieza											
B	1	Comprobar Calentamiento de Placa y Contraplaca											
B	2	Inspección Visual de Fugas											
B	3	Comprobar Nivel de Gasoil y Rellenar											
B	4	Comprobar Carga de Arena en la bandeja en DISA											
B	5	Llaves Refrigeración Abiertas											
B	6	Revisar Nivel y Rellenar Tanque Engrase de Tirantes											
B	7	Comprobar Nivel Aceite											
<hr/>													
C	0	Orden y Limpieza											
C	1	Comprobar Calentamiento Tableros Amc											
C	2	Revisar Nivel Aceite											
C	3	Llaves Refrigeración Abiertas											
C	4	Comprobar Carga de Arena en la bandeja en AMC											
C	5	Inspección Visual de Fugas											
<hr/>													
D	0	Orden y limpieza											
D	1	Comprobar Tolva De Arena											
<hr/>													
CLAVES:	B - SE HA INSPECCIONADO Y ESTÁ EN BUEN ESTADO A - SE HA AJUSTADO Y/O REPARADO M - NECESITA AJUSTAR Y/O REPARAR												
	<input type="checkbox"/> Solo el turno de mañana												

5.5. Formación

En esta fase de implantación del automantenimiento, se pretende conocer que operarios tienen la formación necesaria para poder desarrollar las tareas de mantenimiento autónomo. Para ello se puede utilizar una matriz de competencias/formación como el que se observa en la fig. 32.

	OPERARIO 1		OPERARIO 2		OPERARIO 3		OPERARIO 4	
R1 DISA 2	1	2	1	2	1	2	1	
	3	4	3					
R2 DISA 2								

Fig 32: Matriz de formación

Donde el significado de los cuadros es:

- 1 cuadro: sin conocimiento
- 2 cuadros: aprendiendo
- 3 cuadros: autónomo
- 4 cuadros: formador

Una vez que se conoce el nivel de formación que tienen los operarios, hay que programar un plan de formación, para que los operarios puedan realizar las tareas de mantenimiento autónomo.

5.6. Seguimiento

Una vez se han implantado todos los elementos de estandarización y se ha dado la formación correspondiente a los operarios, se empieza a realizar el mantenimiento autónomo sobre las máquinas.

Para comprobar que se realiza el mantenimiento autónomo correctamente, se tiene que realizar un seguimiento del mismo. Para ello se realizaron una serie de auditorías internas.

- **Auditoría Kamishibai:** Este tipo de auditoría consiste en una ficha con 5 o 6 preguntas, a cual, por un lado es de color verde y por el otro de color rojo. Si la auditoría se supera, la ficha se colocará en el panel TPM por el lado verde, y si no es superada, por el lado rojo. De esta manera, viendo el panel TPM, se observará rápidamente el funcionamiento del mantenimiento autónomo. En la fig. 33 se muestra las fichas de esta auditoría.

KAMISHIBAI	
1. ¿Está el Checklist del día anterior completo?	
2. ¿Está todo en su sitio y ordenado?	
3. ¿Se han introducido todos los datos del Checklist en el sistema?	
4. ¿Se están llevando a cabo todas las acciones correctivas?	
5. ¿Se respetan los niveles de reposición de consumibles?	

KAMISHIBAI	
1. ¿Está el Checklist del día anterior completo?	
2. ¿Está todo en su sitio y ordenado?	
3. ¿Se han introducido todos los datos del Checklist en el sistema?	
4. ¿Se están llevando a cabo todas las acciones correctivas?	
5. ¿Se respetan los niveles de reposición de consumibles?	

Fig 33: Fichas de la auditoría Kamishibai.

Esta auditoría se realizara diariamente en un primer nivel, y semanalmente en un nivel superior.

Con este tipo de auditoría se pretende crear los hábitos del automantenimiento. Por eso es una auditoría en la que, las preguntas que se hacen irán evolucionado a lo largo del tiempo, conforme se vayan adquiriendo los hábitos.

Cuando los operarios hayan adquirido los hábitos del automantenimiento, esta auditoría no será necesaria.

- **Auditoría general:** Esta auditoría se realizara más espaciada en el tiempo. Sirve para comprobar que se está realizando correctamente el mantenimiento autónomo.

6. APLICACIÓN DEL MÉTODO SMED

Sobre el cambio de utillajes de esta máquina no es la primera vez que se realiza un estudio de SMED, por lo tanto, ya se han separado tareas internas y externas, y se realizan en paralelo algunas de ellas.

El objetivo de este nuevo estudio de SMED, es optimizar el cambio de utillajes todavía más, viendo si se puede externalizar alguna tarea más, buscando oportunidades de mejora y creando una estandarización de todos los pasos que debe seguir cada operario.

6.1. Descripción del proceso de cambio de utillaje

En las máquinas Lora SLC se fabrican los machos de arena, que posteriormente se introducen en el proceso de colada para crear los huecos del interior de la pieza de metal.

A. UTILLAJE DE LORA SLC:

El utillaje necesario para fabricar cada modelo de macho, se compone por los siguientes elementos:

- **Caja:** Consiste en un bastidor que contiene unas huellas o moldes que dan la forma del macho a la arena. La caja se abre por la mitad, teniendo una parte superior y otra inferior, para poder sacar los machos una vez fabricados. En la parte inferior de la caja se encuentra la expulsión inferior, elemento que se encarga de despegar el macho del molde por la parte inferior. En la fig. 34 se muestra la caja.



Fig 34: Caja

- **Placa de disparo:** Contiene unas boquillas por donde se introduce la arena mezclada con los aditivos al interior de la caja. En la fig. 35 se muestra la placa de disparo.



Fig 35: Placa de disparo

- **Palca de gaseo:** Se encarga de distribuir un gas, cuando la arena ya ha cogido la forma del molde, para dar consistencia a la arena. Esta placa lleva también la expulsión superior que se encarga de despegar al macho de las huellas superiores. En la fig. 36 se muestra la placa de gaseo.

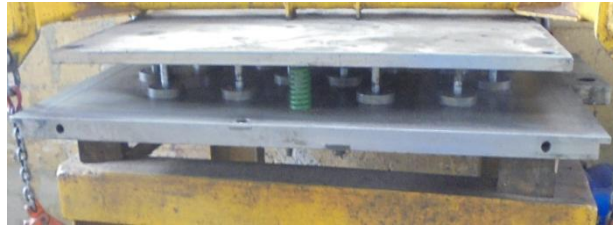


Fig 36: Placa de gaseo

En la fig. 37 se muestra un despiece del utillaje necesario para la fabricación de los machos.

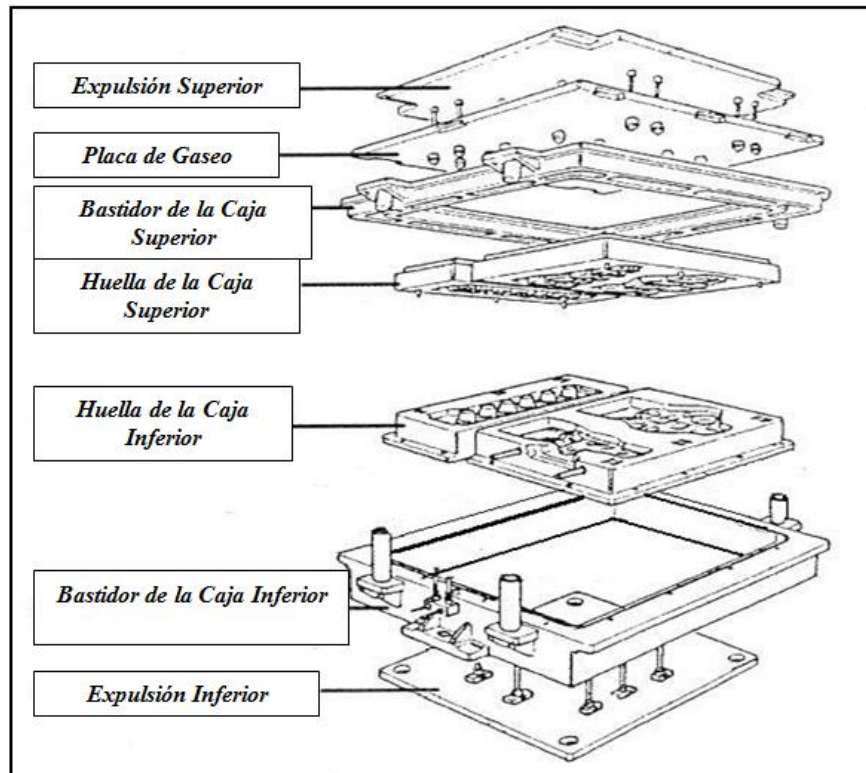
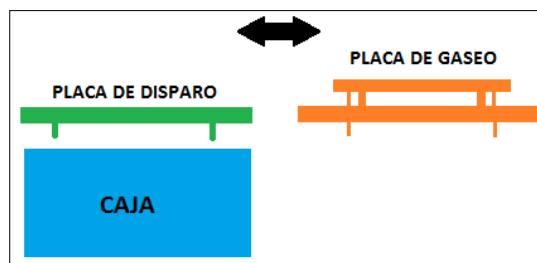


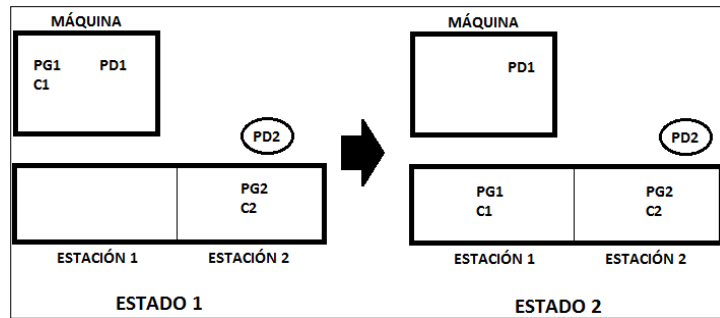
Fig 37: Despiece del utillaje

Dentro de la máquina, esta se encarga de poner la placa de disparo y de gaseo sobre la caja dependiendo de la fase del ciclo de fabricación del macho.

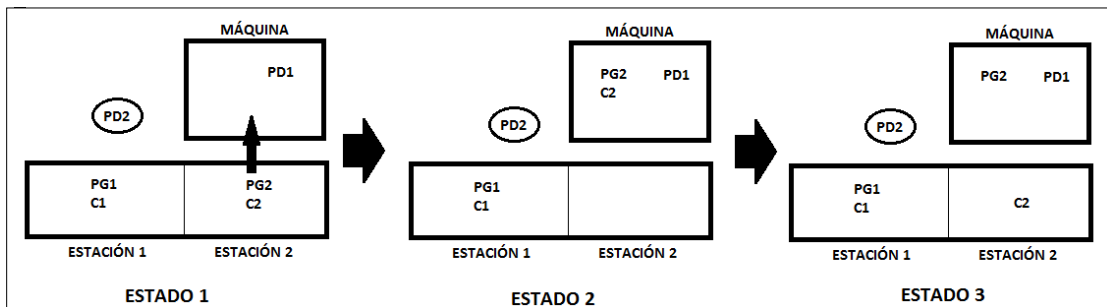


Para realizar el cambio de utillaje se cuenta con la ayuda de unos rodillos (que sacan la caja con las placas de la máquina), unas estaciones para mover las cajas y un polipasto. Para realizar el cambio de placas es necesario utilizar a las cajas. El proceso, resumido, de cambio consta de las siguientes etapas:

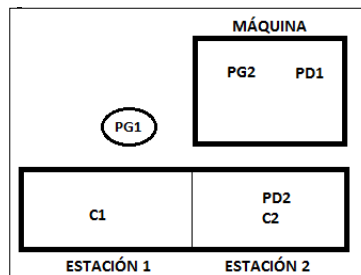
1. Sale por los rodillos CAJA 1 con PLACA DE GASEO 1 y se mueven las estaciones



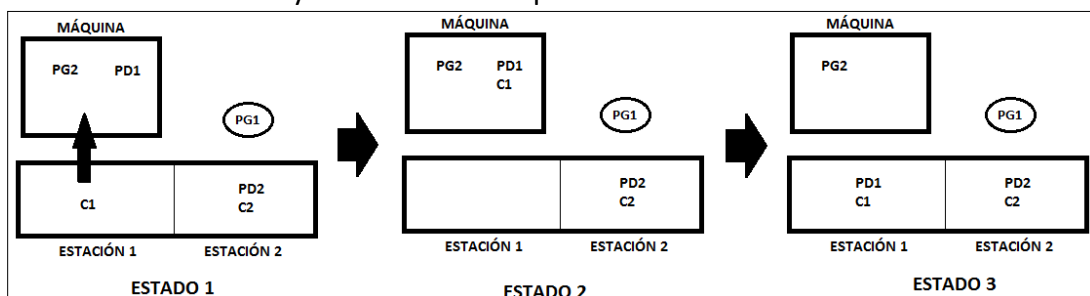
2. Entra CAJA 2 con PLACA DE GASEO 2, deja a esta última dentro y sale la CAJA 2 a la estación.



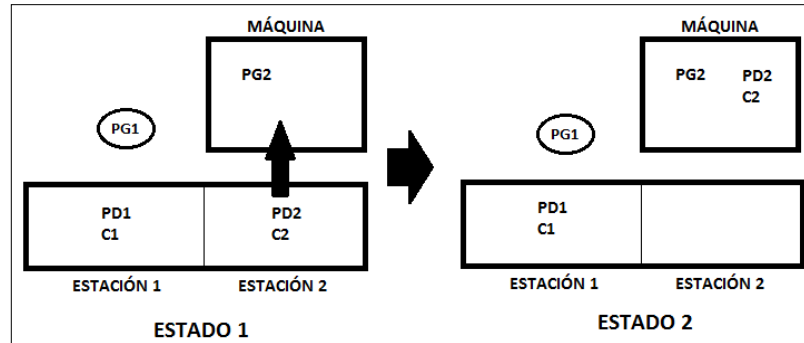
3. Con ayuda de la grúa se pone la PLACA DE DISPARO 2 sobre la CAJA 2 y se quita la PLACA DE GASEO 1 de la CAJA 1.



4. Se introduce la CAJA 1 y se saca de la máquina la CAJA 1 con la PLACA DE DISPARO 1.



5. Se introduce en la máquina la CAJA 2 con la PLACA DE DISPARO 2.



B. UTILLAJE DE ROBOT:

Para extraer los machos fabricados en la máquina Lora SLC hay un robot. Dependiendo del modelo de macho, también hay que cambiar las pinzas del robot, con las que agarra el macho. En la fig. 38 se muestran los tres tipos de pinzas que hay.



Fig 38: Pinzas de robot

6.2. Estudio de la situación actual

El objetivo de esta fase es recoger datos para poder realizar un estudio SMED. Para ello, se ha grabado con una cámara de video un cambio de utillaje. Con este video se ha conseguido identificar:

- Las tareas que realizan los operarios para cambiar el utillaje.
- El tiempo requerido para cada tarea individual.
- El tiempo total para la preparación de la máquina.
- Identificar las tareas internas y externas.
- Identificar los despilfarros.

En el proceso de preparación de la máquina participan tres operarios. Dos de ellos, se encargan de hacer el cambio de utillaje de la Lora SLC. El tercer operario realiza, en paralelo, el cambio de pinzas del robot.

En la tabla 9 se muestran los datos recogidos al estudiar el video que se ha grabado. En esta tabla se muestran los tiempos individuales de las tareas y totales del cambio, también se puede ver que tareas son externas e internas y que operario realiza cada tarea. Además, se han clasificado las tareas en función del tipo de operación para facilitar el estudio e identificar qué tipo de operación tienen mayor potencial de reducción de tiempo.

Tabla 9. Datos recogidos para el estudio SMED

	TAREAS	OPERARIO 1 (maquinista)	OPERARIO 2 (responsable)	OPERARIO 3 (hornero)	TIPO	CATEGORIA	MEDIDO		OBSERVACIONES	TEÓRICO
							T. ACUMUL. (min)	T. INDIVID. (min)		T. INDIVID. (min)
1	Garras y herramientas necesarias para el cambio cerca del robot		X		EXTERNA	P	0,67	0,67		0,67
2	Pallets preparado para colocar utillaje saliente		X		EXTERNA	P				
3	Quitar codo de aspiración		X		INTERNA	MASP	1,22	0,55	Paralelo A	0,55
4	Cambio del programa de fabricación	X			INTERNA	STOP	1,70	1,03	Paralelo A	1,03
5	Posición de cambio de garras y entrada del operario del horno para hacer el cambio	X			INTERNA	STOP	1,78	0,08		0,08
6	Cambio de pinzas y elección velocidad horno			X	INTERNA	MPIN	7,58	5,80	Paralelo con la mayoría del cambio de utillaje	5,80
7	Limpieza rápida de arena (sobre contenedor)	X	X		INTERNA	L	2,50	0,72	NO DEBE HACERLO!!!!	0,72
8	Vaciado del cabezal de disparo (sobre contenedor)	X			INTERNA	L	3,67	1,17	problemas (aprox. 45 seg. perdidos)	0,42
9	Limpieza rápida del cabezal de disparo (sobre contenedor)	X	X		INTERNA	L	4,17	0,50		0,50
10	Mover carro mesa hacia parte superior de la caja para cerrar la caja (C1)	X			INTERNA	MM	4,87	0,70		0,70
11	Bajar pisador y cabezal de gaseo sobre C1	X			INTERNA	MM	4,93	0,07		0,07
12	desamarrar PG1, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	5,28	0,35		0,35
13	Subir rodillos	X			INTERNA	MR	5,30	0,02		0,02
14	Sacar C1 + PG1 hacia estación 2		X		INTERNA	TR	5,53	0,23		0,23
15	Mover estaciones hacia la derecha. Estación 1 preparada para entrar en máquina		X		INTERNA	E	5,72	0,18		0,18
16	Limpieza del carro mesa	X			INTERNA	L		0,25		0,25
17	Meter C2 + PG2, que están en estación 1		X		INTERNA	TR	6,02	0,30		0,30
18	Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	6,05	0,03		0,03
19	Bajar pisador y cabezal de gaseo sobre C2 + PG2	X			INTERNA	MM	6,15	0,10		0,10
20	Amarrar PG2, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	6,32	0,17		0,17
21	Subir rodillos	X			INTERNA	MR	6,33	0,02		0,02
22	Sacar C2 hacia estación 1		X		INTERNA	TR	6,57	0,23		0,23
23	Colocar PD2 (grúa) sobre C2		X		INTERNA	TG	6,73	0,17		0,17
24	Soltar PD2 de la grúa		X		INTERNA	ENG	6,87	0,13		0,13
25	Mover puente grúa (para que no moleste)		X		INTERNA	TG	7,05	0,18		0,18
26	Mover estaciones hacia la izquierda. Estación 2 preparada para entrar en máquina.		X		INTERNA	E	7,32	0,27		0,27
27	Enganchar grúa a PG1		X		INTERNA	ENG	7,45	0,13		0,13
28	Quitar PG1 y colocar sobre pallet		X		INTERNA	TG		1,50		1,50
29	Meter C1 (estación 2) en máquina		X		INTERNA	TR	8,33	0,88	Retraso con op similares por mov operario (aprox. 35seg.)	0,30
30	Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	8,42	0,08		0,08
31	Mover cabezales para colocar el de disparo sobre la caja	X			INTERNA	MM		0,08		0,08
32	Bajar pisador y cabezal de disparo sobre C1 + PD1 y desamarrar	X			INTERNA	MM	8,57	0,15		0,15
33	Subir pisador y cabezal de disparo	X			INTERNA	MM	19,15	10,58	problemas (aprox. 10 min. perdidos)	0,58
34	Subir rodillos	X			INTERNA	MR	19,17	0,02		0,02
35	Sacar C1 + PD1 hacia estación 2		X		INTERNA	TR	19,40	0,23		0,23
36	Mover estaciones hacia la derecha. Estación 1 preparada para entrar en máquina		X		INTERNA	E	19,57	0,17		0,17
37	Meter C2 + PD2 (estación 1) en máquina		X		INTERNA	TR	20,57	1,00	problemas (retraso aprox. 40 seg.)	0,33
38	Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	20,72	0,15		0,15
39	Bajar pisador y cabezal de disparo sobre C2 + PD2	X			INTERNA	MM	20,82	0,10		0,10
40	Amarrar PD2, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	21,17	0,35		0,35
41	Sale carro mesa	X			INTERNA	MM	21,40	0,23		0,23
42	Poner tubo de aspiración (paralelo)		X		INTERNA	MASP	21,95	0,55	Paralelo B	0,55
43	Inicio de fabricación (paralelo)	X			INTERNA	START	23,50	1,55	Paralelo B	1,55
44	Retirar, vaciar y volver a colocar contenedor de arena		X		EXTERNA	L				
45	Retirar C1 + PD1 y PG1 para limpiar y revisar		X		EXTERNA	LR				
46	Limpiar y revisar garras antiguas		X		EXTERNA	LR				
47	Preparar C3 + PG3 sobre estación 1		X		EXTERNA	P				
48	Colgar PD3 en grúa		X		EXTERNA	P				
								24,12		12,12

6.3. Análisis de los datos

A partir de los datos recogidos, se observan unas desviaciones entre el tiempo que se ha medido y el teórico que se debería haber tardado en realizar el cambio. Esto se debe, principalmente, a problemas de funcionamiento de la máquina y a retrasos en el movimiento del operario.

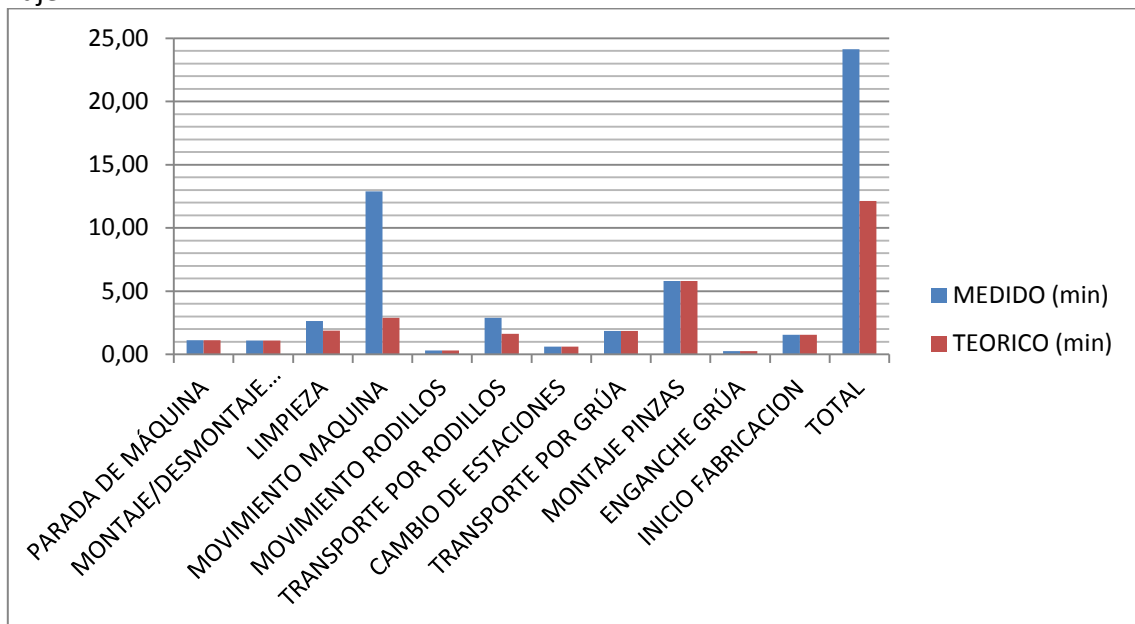
En la tabla 10 se muestran los tiempos reales o medidos y los teóricos según las categorías en las que se han clasificado.

Tabla 10. Tiempos necesarios para cada categoría de tareas en el cambio de utillaje

CATEGORÍA	CÓDIGO	MEDIDO (min)	TEORICO (min)
PREPARACIÓN	P	0,67	0,67
PARADA DE MÁQUINA	STOP	1,12	1,12
MONTAJE/DESMONTAJE ASPIRACIÓN	MASP	1,10	1,10
LIMPIEZA	L	2,63	1,88
MOVIMIENTO MAQUINA	MM	12,88	2,88
MOVIMIENTO RODILLOS	MR	0,32	0,32
TRANSPORTE POR RODILLOS	TR	2,88	1,63
CAMBIO DE ESTACIONES	E	0,62	0,62
TRANSPORTE POR GRÚA	TG	1,85	1,85
LIMPIEZA Y REVISION	LR	0,00	0,00
MONTAJE PINZAS	MPIN	5,80	5,80
ENGANCHE GRÚA	ENG	0,27	0,27
INICIO FABRICACION	START	1,55	1,55
TOTAL		24,12	12,12

En la gráfica 1 se observa las diferencias entre el tiempo real y el teórico.

Gráfica 1. Comparativa de tiempos necesarios para cada categoría de tareas en el cambio de utillaje



6.4. Plan de acciones

Siguiendo los pasos para la aplicación del método SMED explicada en el apartado 4 del presente documento:

CONVERTIR TAREAS INTERNAS EN EXTERNAS:

Como se ha explicado anteriormente, la mayor externalización de tareas ya se hizo en otro estudio SMED anterior. Estas tareas fueron, entre otras, tener preparado el utillaje nuevo antes de parar la máquina, limpiar y revisar el utillaje usado cuando ya se ha empezado a fabricar...

En esta ocasión, las tareas que se han externalizado tienen menor incidencia en el tiempo de cambio. Estas tareas son:

- Guardar gama de fabricación actual y poner la siguiente
- Desactivar pedido automático de arena
- Desactivar carga automática de cartucho
- Seleccionar receta y pedir masa de arena en automático.

Son tareas que realiza el operario desde la pantalla de control de la máquina.

REDUCIR O ELIMINAR TAREAS INTERNAS:

En la tabla 11 se muestra un plan de acción, en el cual están las acciones a llevar a cabo para reducir o eliminar las tareas internas.

Tabla 11. Plan de acción

ACCIÓN	CATEGORÍA	EFEECTO
Reparar el problema con la detección de placa disparo	Movimiento de máquina (MM), Limpieza (L)	Eliminación de pérdida de tiempo por fallo en la detección de la placa, y que el operario no lo tenga que falsear para seguir trabajando
Reparación en rodillos	Transporte de rodillos (TR)	Eliminación de pérdida de tiempo en ajustarse la caja a su posición en la máquina
Aumentar velocidad de transporte rodillos	Transporte de rodillos (TR)	Disminución de tiempo en transporte de rodillos
Limpieza más rápida, solo del perímetro	Limpieza (L)	Disminución de tiempo de limpieza
Eliminación de la limpieza de la tarea Nº7. Solo se limpia después de vaciar el cabezal	Limpieza (L)	Reducción de 43 seg. Hacer solo vaciado de arena y luego limpieza con aire
Estudiar un sistema que facilite el cambio de pinzas	Montaje de pinzas (MPIN)	Sustituir la conexión mediante rosca por una mediante pinzas.
Mejorar comunicación entre operario 1 y 2 (por ejemplo una señal luminosa que activen los operarios para saber cuándo pueden actuar, o mediante timbres o silbato)	-	Menores pérdidas de tiempo en comunicación, y reducción de probabilidad de cometer algún error por mal entendimiento
Poner todos los pitones de centrado y de entradas de aire a cada pinza y fijarlos	Montaje de Garras (MGAR)	Reducción de tiempo de instalación de pinzas porque los tetones NO se separan ni se pierden y facilitan el acople y la rosca no se deteriore
Cambiar el modo de regulación de presión de pinzas	Montaje de Garras (MGAR)	Seguridad y menor pérdida de tiempo
Unificar programas de robot en uno solo incluyendo las rutinas de machos sin pintar		Mayor velocidad de cambio de programa

Se elimina la colocación de los tetones de aire y de centrado de las pinzas del robot, colocándolos fijos en la pinza, como se muestra en la fig. 39, de manera que, esa tarea se elimina.



Fig 39: Tetones de fijación y de aire unidos a la pinza

6.5. Nuevo procedimiento de cambio de utillaje

En la tabla 12 se muestra el procedimiento actualizado para la preparación de los medios de fabricación.

Tabla 12. Procedimiento actualizado para la preparación de los medios de fabricación

TAREAS	OPERARIO 1 (maquinista)	OPERARIO 2 (responsable)	OPERARIO 3 (hornero)	TIPO	CATEGORIA	TEORICO NUEVO		OBSERVACIONES
						T. ACUMUL. (min)	T. INDIVID. (min)	
1 Garras y herramientas necesarias para el cambio cerca del robot		X		EXTERNA	P	0,67	0,67	
2 Pallets preparado para colocar utillaje saliente		X		EXTERNA	P			
3 Guardar gama de fabricación actual y poner la siguiente	X			EXTERNA	STOP	1,70	0,17	
4 Desactivar pedido automatico de arena	X			EXTERNA	STOP			
5 Desactivar carga automatica de cartucho	X			EXTERNA	STOP			
6 Selecciona receta y pide masas en automático	X			EXTERNA	STOP			
7 Parar máquina	X			INTERNA	STOP			Paralelo A
8 Pulsar botón fin de producción robot	X			INTERNA	STOP			Paralelo A
9 Posición de cambio de garras y entrada del operario del horno para hacer el cambio	X			INTERNA	STOP	1,78	0,08	Paralelo A
10 Quitar codo de aspiración		X		INTERNA	MASP	1,22	0,55	Paralelo A
11 Cambio de garras y elección velocidad horno			X	INTERNA	MPIN	7,58	5,80	Paralelo con todo el cambio de placas y caja
12 Vaciado del cabezal de disparo (sobre contenido)	X			INTERNA	L	3,67	1,13	
13 Limpieza rápida perimetral del cabezal de disparo	X	X		INTERNA	L	4,17	0,50	
14 Mover carro mesa hacia parte superior de la caja para cerrar la caja (C1)	X			INTERNA	MM	4,87	0,70	
15 Bajar pisador y cabezal de gaseo sobre C1	X			INTERNA	MM	4,93	0,07	
16 Desamarrar PG1 y C1, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	5,28	0,35	
17 Subir rodillos	X			INTERNA	MR	5,30	0,02	
18 Sacar C1 + PG1 hacia estación 2		X		INTERNA	TR	5,53	0,23	
19 Mover estaciones hacia la derecha. Estación 1 preparada para entrar en máquina		X		INTERNA	E	5,72	0,18	
20 Limpieza del carro mesa	X			INTERNA	L		0,25	
21 Meter C2 + PG2, que están en estación 1		X		INTERNA	TR	6,02	0,30	
22 Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	6,05	0,03	
23 Bajar pisador y cabezal de gaseo sobre C2 + PG2	X			INTERNA	MM	6,15	0,10	
24 Amarrar PG2, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	6,32	0,17	
25 Subir rodillos	X			INTERNA	MR	6,33	0,02	
26 Sacar C2 hacia estación 1		X		INTERNA	TR	6,57	0,23	
27 Colocar PD2 (grúa) sobre C2		X		INTERNA	TG	6,73	0,17	
28 Soltar PD2 de la grúa		X		INTERNA	ENG	6,87	0,13	
29 Mover puente grúa (para que no moleste)		X		INTERNA	TG	7,05	0,18	
30 Mover estaciones hacia la izquierda. Estación 2 preparada para entrar en máquina.		X		INTERNA	E	7,32	0,27	
31 Enganchar grúa a PG1		X		INTERNA	ENG	7,45	0,13	
32 Quitar PG1 y colocar sobre pallet		X		INTERNA	TG		1,50	
33 Meter C1 (estación 2) en máquina		X		INTERNA	TR	8,33	0,30	
34 Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	8,42	0,08	
35 Mover cabezales para colocar el de disparo sobre la caja	X			INTERNA	MM		0,08	
36 Bajar pisador y cabezal de disparo sobre C1 + PD1 y desamarrar	X			INTERNA	MM	8,57	0,15	
37 Subir pisador y cabezal de disparo	X			INTERNA	MM	19,15	0,58	
38 Subir rodillos	X			INTERNA	MR	19,17	0,02	
39 Sacar C1 + PD1 hacia estación 2		X		INTERNA	TR	19,40	0,23	
40 Mover estaciones hacia la derecha. Estación 1 preparada para entrar en máquina		X		INTERNA	E	19,57	0,17	
41 Meter C2 + PD2 (estación 1) en máquina		X		INTERNA	TR	20,57	0,33	
42 Bajar rodillos	X			INTERNA	MR	20,72	0,15	
43 Bajar pisador y cabezal de disparo sobre C2 + PD2	X			INTERNA	MM	20,82	0,10	
44 Amarrar PD2 y C2, subir cabezal y pisador	X			INTERNA	MM	21,17	0,35	
45 Sale carro mesa	X			INTERNA	MM	21,40	0,23	
46 Poner tubo de aspiración		X		INTERNA	MASP	21,95	0,55	Paralelo B
47 Activar pedido automático de arena	X			INTERNA	START		0,08	Paralelo B
48 Carga manual de cartucho	X			INTERNA	START		0,17	Paralelo B
49 Activar carga automática de cartucho	X			INTERNA	START		0,08	Paralelo B
50 Abrir aire de las pinzas	X			INTERNA	START		0,03	Paralelo B
51 Ajustar presión de las pinzas según gama de fabricación	X			INTERNA	START		0,33	Paralelo B
52 Inicio de fabricación	X			INTERNA	START	23,50	0,33	Paralelo B
53 Retirar, vaciar y volver a colocar contenedor de arena		X		EXTERNA	L			
54 Retirar C1 + PD1 y PG1 para limpiar y revisar		X		EXTERNA	LR			
55 Limpiar y revisar garras antiguas		X		EXTERNA	LR			
56 Preparar C3 + PG3 sobre estación 1		X		EXTERNA	P			
57 Colgar PD3 en grúa		X		EXTERNA	P			
						Tiempo máquina parada (suma tareas internas)	11,0333333	

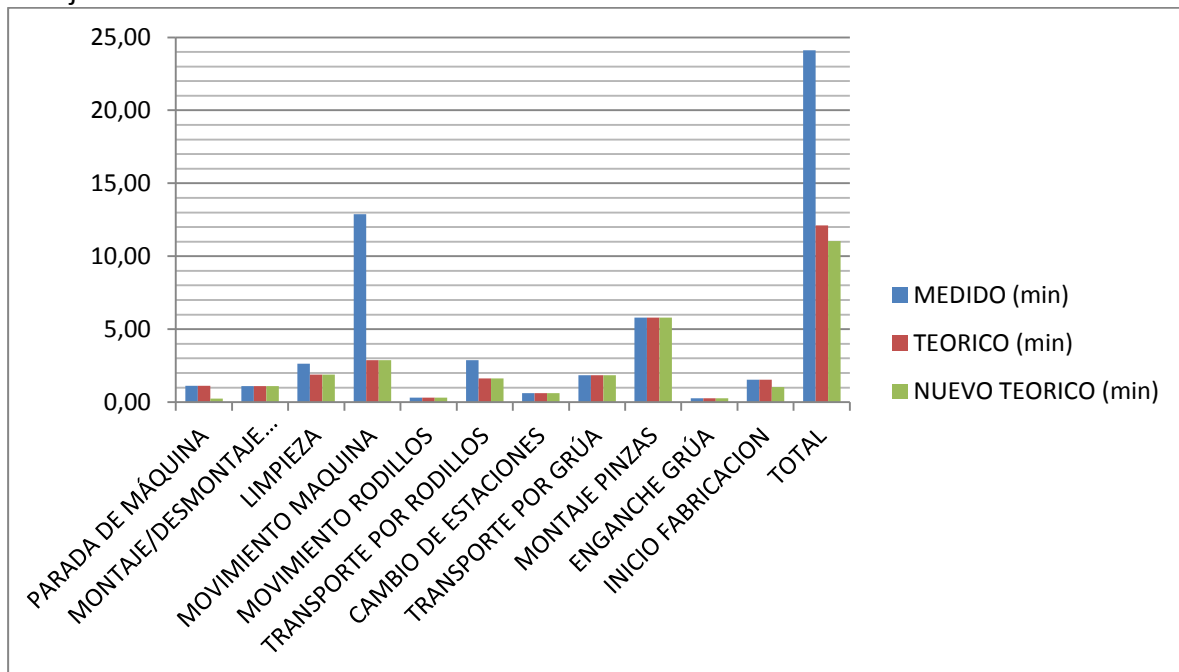
En la tabla 13 se muestran los tiempos medidos y los teóricos según en el antiguo procedimiento y los tiempos teóricos nuevos según las categorías en las que se han clasificado las tareas.

Tabla 13. Comparativa de los tiempos necesarios para el cambio de utillaje

CATEGORÍA	CÓDIGO	MEDIDO (min)	TEORICO (min)	NUEVO TEORICO (min)
PREPARACIÓN	P	0,67	0,67	0,67
PARADA DE MÁQUINA	STOP	1,12	1,12	0,25
MONTAJE/DESMONTAJE ASPIRACIÓN	MASP	1,10	1,10	1,10
LIMPIEZA	L	2,63	1,88	1,88
MOVIMIENTO MAQUINA	MM	12,88	2,88	2,88
MOVIMIENTO RODILLOS	MR	0,32	0,32	0,32
TRANSPORTE POR RODILLOS	TR	2,88	1,63	1,63
CAMBIO DE ESTACIONES	E	0,62	0,62	0,62
TRANSPORTE POR GRÚA	TG	1,85	1,85	1,85
LIMPIEZA Y REVISION	LR	0,00	0,00	0,00
MONTAJE PINZAS	MPIN	5,80	5,80	5,80
ENGANCHE GRÚA	ENG	0,27	0,27	0,27
INICIO FABRICACION	START	1,55	1,55	1,03
TOTAL		24,12	12,12	11,03

En la gráfica 2 se observa las diferencias entre el tiempo medido y los teóricos de los procedimientos antiguo y nuevo.

Gráfica 2. Comparativa de tiempos necesarios para cada categoría de tareas en el cambio de utillaje



6.6. Estandarización del procedimiento de preparación de los medios de fabricación

En la tabla 14 se muestra las tareas que debe realizar cada operario y en el orden que debe hacerlo.

7. CONCLUSIONES

En este documento se ha presentado el proceso a seguir para aplicar dos herramientas Lean Manufacturing en procesos de fabricación.

Primero, se ha explicado la metodología de implantación de un sistema de automantenimiento, en la cual, se ha realizado una selección de tareas de mantenimiento para pasarlas a los operarios de producción, se han creado rutas, instrucciones de automantenimiento para esas tareas, una gestión visual, y se ha realizado un seguimiento.

Para que se pueda ver la incidencia sobre el OEE, es necesario seguir implantando el TPM en el resto de máquinas de la línea de fabricación, ya que, de momento, solo se ha implantado en dos máquinas, DISA 2 y AMC 2. Por este motivo, todavía es pronto para sacar conclusiones a partir del indicador OEE. Sin embargo, se ha observado que las máquinas están más controladas por los operarios, ya que, están las 24 horas del día junto a ellas y antes, el personal de mantenimiento solo estaba con esas máquinas el tiempo que necesitaban para realizar las tareas de mantenimiento, con lo que, la máquina se podía romper después de irse el técnico y no darse cuenta hasta la siguiente revisión.

Las rutas de automantenimiento no necesitan mucho tiempo para realizarlas, pero se prevé que, cuando se realice TPM en todas las máquinas, los técnicos de mantenimiento conseguirán más tiempo para realizar tareas de mayor valor añadido.

Por otra parte, se ha explicado la finalidad del TPM a todos los trabajadores, tanto de fabricación como de mantenimiento, y ha tenido gran aceptación.

La otra herramienta que se ha aplicado, ha sido el método SMED. Como se ha comentado en apartados anteriores, es una herramienta que ya se había aplicado en la empresa, y lo que se quería conseguir, ahora, era mejorar aún más la preparación de las máquinas.

Se ha realizado grabaciones, con una cámara de video, de cambios de utillaje para conocer las tareas necesarias en la preparación de la máquina, su orden, y el tiempo necesario para llevarlas a cabo.

Con el método SMED, se ha logrado rebajar entre uno y dos minutos el cambio de utillaje. Era difícil rebajarlo más, ya que, estaba bastante optimizado ya. Se han reorganizado las tareas y creado un estándar.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar PR. Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y administración* 2002(205):51-69.
2. de León, Félix Cesáreo Gómez. *Tecnología del mantenimiento industrial*. : Editum; 1998.
3. Fernández FJG. *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. : FC Editorial; 2005.
4. García MÁG, Angulo PS, de Benito Martín, Juan José, Melero JG. Definición de una metodología para una aplicación práctica del SMED. *Técnica industrial* 2012;298:46-54.
5. Lefcovich M. *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*. : El Cid Editor; 2009.
6. Rollé JLC, Dopico VJL. Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos. *Técnica Industrial* 2004;253:45.
7. Sacristán FR. *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. : FC Editorial; 2001.
8. Shingo S, Alvarez AC. *Una revolución en la producción: el sistema SMED*. : Tecnologías de Gerencia y Producción; 1990.
9. <http://automantenimiento.net/mantenimiento/tpm/>
10. Documentación interna