



**Estudio de TPM para la implementación de Kaizen y el sostenimiento y optimización de mantenimiento planeado (paso 1 y paso 2) en una empresa de plásticos.**

Wilson Albeiro Alzate Correa

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Silvio Andrés Salazar Martínez, Master en ciencias (MSc)

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecánica  
Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita	Alzate Correa [1]
<b>Referencia</b>  Estilo IEEE (2020)	[1] W. A. Alzate Correa, “Estudio de TPM para la implementación de Kaizen y el sostenimiento y optimización de mantenimiento planeado (paso 1 y paso 2) en una empresa de plásticos”, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2022.



Centro de documentación ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** : John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Jesús Francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS	9
A. Objetivo general	9
B. Objetivos específicos	9
III. MARCO TEÓRICO	10
IV. METODOLOGÍA	15
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS	20
VI. CONCLUSIONES	30
VII. REFERENCIAS	31
ANEXOS	32

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Actividades a realizar en el semestre de industria.....	15
Tabla 2. Cronograma de actividades semanal.....	16
Tabla 3. Actividades para llevar a cabo el paso 1 de MP.....	17
Tabla 4. Actividades para llevar a cabo el paso 2 de MP.....	18
Tabla 5. Ejemplo de cuantificación de las actividades MP (paso 1 y 2).....	22

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pilares del TPM [1].....	10
Figura 2. Kaizen por ciclo PDCA[2] .....	11
Figura 3. Bombas hidráulicas de la empresa SIP .....	12
Figura 4. Molino granulador de la empresa SIP.....	13
Figura 5. Inyectoras Engel y Lien Yu de la empresa SIP.....	13
Figura 6. Atemperador de inyectoras. ....	14
Figura 7. Deshumidificador para inyectoras .....	14
Figura 8. Empastamiento en la unidad de inyección.....	19
Figura 9. Modelo de termocupla tipo J original de las inyectoras Engel .....	20
Figura 10. Estratificación de averías en inyectoras y periféricos.....	23
Figura 11. Ayuda visual de partes a inspeccionar en la ruta de inspección. ....	24
Figura 12. Ejemplo de parte de la carta de lubricación de inyectora Engel 550-2.....	25
Figura 13. Costo de termocupla importada. ....	26
Figura 14. Diseño nuevo de termocupla cilindro de cobre con prisionero y bulbo tipo J pt 100...26	
Figura 15. Prueba de temperatura con Termocupla y equipo patrón. ....	27
Figura 16. Temperatura censada por termocupla rediseñada. ....	27
Figura 17. Temperatura censada con equipo patrón.....	28

## RESUMEN

Este informe tiene como motivo presentar un estudio de TPM (Mantenimiento Productivo Total) basado en los pilares de mejora enfocada (Kaizen) y de mantenimiento planeado (paso 1 y 2) en las inyectoras Engel y las inyectoras Lien Yu de la compañía, en donde se busca disminuir costos y tiempos de paro, para lo cuál se analizará el Pareto del último año, buscando un común denominador en dichos tiempos.

En cuanto al pilar de mantenimiento planeado (MP), se hará un análisis de lo estipulado actualmente en dicho pilar, para dar una valoración cuantificada de este (Actualmente no se tiene cuantificación de la implementación de MP) y generar un plan de acción para llegar a un 100% en la implementación de estos dos pasos del MP.

***Palabras clave*** — Kaizen, TPM, mejoras, mantenimiento.

## ABSTRACT

The purpose of this report is to present a TPM (Total Productive Maintenance) study based on the pillars of focused improvement (Kaizen) and planned maintenance (step 1 and 2) in the company's Engel injectors and Lien Yu injectors, where it seeks to reduce costs and downtime, for which the Pareto of the last year will be analyzed, looking for a common denominator in said times.

Regarding the planned maintenance pillar (PM), an analysis of what is currently stipulated in said pillar will be made, to give a quantified assessment of it (Currently there is no quantification of the implementation of PM) and generate an action plan to reach 100% in the implementation of these two steps of the PM.

***Keywords*** — Kaizen, TPM, upgrades, maintenance.

## I. INTRODUCCIÓN

La empresa SI<sup>3</sup> es una sociedad conformada por Colauto, SI Plásticos (SIP) y SI Ensamblés (SIE). Las 2 últimas están ubicadas en la zona franca de Rionegro. SI Plásticos es una compañía productora de piezas plásticas inyectadas, cuenta con una capacidad de inyección desde 200 a 1100 toneladas con inyectoras de la más alta tecnología.

Actualmente SIP cuenta con 9 inyectoras de plásticos, 7 inyectoras Engel y 2 inyectoras Lien Yu para producción de piezas con una gran variedad de moldes. Adicionalmente se cuenta para estas con un proceso de enfriamiento de los componentes de las máquinas para la cual se emplean 7 bombas que trabajan intercaladas por parejas para hacer recircular el agua entre las máquinas, las torres de enfriamiento (2 torres de 56 y 44 toneladas) y un chiller (10 toneladas de refrigeración)

Cuando al final del proceso de inyección resultan piezas no conformes o no cumplen con el estándar de calidad, estas son llevadas a un molino granulador, con el fin de triturarlas y las partículas poliméricas puedan volver a ser utilizadas.

Actualmente la empresa esta llevando a cabo la metodología TPM, por lo cuál se tomará el primer pilar de este (Kaizen) para realizar un estudio de mejoras enfocadas, basado en los tiempos de paros que se presentan en las distintas inyectoras, además de realizar un enfoque en el pilar de mantenimiento planeado, con la finalidad de disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos y optimizar dicho pilar.

Se desarrollarán actividades para iniciar con el proceso de estudio, esquematización, mejoras enfocadas en las máquinas y el proceso, análisis de viabilidad e implementación de los equipos electrónicos para la optimización del control de calidad y disminución de tiempo muerto de las inyectoras.

## II. OBJETIVOS

### *A. Objetivo general*

Realizar un estudio de mejoras enfocadas en las máquinas y el proceso, así mismo optimizar el pilar de mantenimiento planeado

### *B. Objetivos específicos*

- Analizar el Pareto para encontrar común denominador en los tiempos de paro de las inyectoras.
- Realizar mejoras que permitan optimizar el proceso de producción y mantenimiento, disminuyendo tiempos de paro.
- Hacer seguimiento a la implementación actual del pilar de mantenimiento planeado, para cuantificar su desempeño y realizar un plan de acción para llevar al 100% la estipulación de los pasos 1 y 2.
- Identificar elementos de medición que faciliten llevar el control de temperatura del proceso de inyección.
- Analizar la prefactibilidad de implementar estos elementos de medición en el proceso de inyección.

### III. MARCO TEÓRICO

#### TPM [1]

El TPM es una metodología japonesa, cuyo objetivo principal es lograr los tres ceros:

- 0 defectos
- 0 accidentes
- 0 averías

Es una metodología donde la responsabilidad es compartida con toda la estructura de la empresa y no exclusivamente del área de mantenimiento.

El TPM consta de 8 pilares, los cuales no necesariamente deben de ser implementados simultáneamente, sino que ha medida que se avance o se tenga control en uno de estos se puede iniciar con la implementación del pilar siguiente.



Figura 1. Pilares del TPM [1]

## Mejoras enfocadas

Es una metodología cuyo fin principal es el de reducir pérdidas en los procesos, a través de la formación de grupos multidisciplinarios interrelacionados, buscando reducir o eliminar por completo las pérdidas [2] asociadas a tiempo y producción.

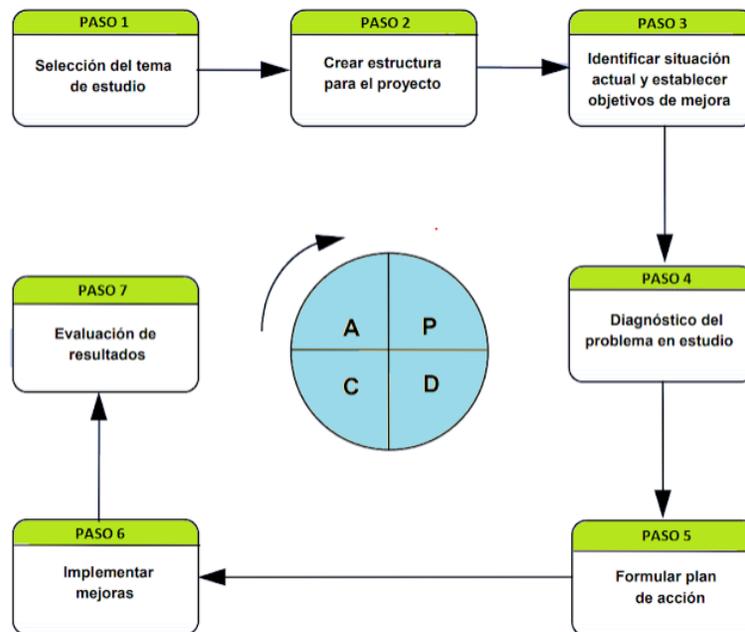


Figura 2. Kaizen por ciclo PDCA[2]

## Mantenimiento Planeado [3]

El mantenimiento planeado, corresponde al tercer pilar del TPM, cuyo propósito es el mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de cero averías.

### Paso 1. Identificar el punto de partida de estado de los equipos [4]

Este paso está relacionado con mejorar la información disponible sobre el equipo, analizando registros como MTBF, MTTR, tiempos de paro, costos de mantenimiento, entre otros.

### **Paso 2. Eliminar deterioro de los equipos y mejorarlo [4]**

El paso dos busca eliminar los problemas en los equipos y generar planes de acción para evitar la recurrencia de las mismas fallas.

#### **Pareto [5]**

Un diagrama de Pareto es un gráfico en el que la información de los datos analizados se muestra mediante un diagrama de barras de forma descendente y en función de su prioridad.

Este enuncia una regla que parece cumplirse y es que el 80% de las actividades que se realizan son triviales y solo suponen un 20% del resultado y a la inversa. Por tanto, es a las segundas a las que hay que dedicar un mayor esfuerzo.

#### **Bomba hidráulica [6]**

Es una máquina generadora que trabaja con un fluido en el que se produce una transformación de energía mecánica en hidráulica, su objetivo es transferir la energía al líquido para permitir su transporte en una instalación.



Figura 3. Bombas hidráulicas de la empresa SIP

## **Molino granulador**

El molino granulador, es una máquina mecánica, cuyo objetivo es triturar piezas plásticas por medio de unas cuchillas, esta con el fin de que dichas piezas queden en un material más particulado y se puedan volver a usar en el proceso productivo (se mezcla un porcentaje con material nuevo y se vuelve a inyectar)



Figura 4. Molino granulador de la empresa SIP

## **Inyectora de plástico**

La inyectora de plástico es una máquina que por medio de un sistema de inyección (con resistencias cerámicas), se encarga de fundir polímeros para que este sea inyectado por medio de un usillo hacia un molde con una forma determinada, así cuando este se enfría adquiere dicha geometría.



Figura 5. Inyectoras Engel y Lien Yu de la empresa SIP

Los periféricos son partes externas del proceso pero que intervienen en él, en la empresa se cuenta con los siguientes:

**Atemperadores:** Su función es precalentar el agua que entra a los moldes.



Figura 6. Atemperador de inyectoras.

**Deshumidificadores:** Su función es reducir la humedad ambiental, con fines de mejoramiento de calidad en el proceso (sólo se necesita para unos polímeros específicos)



Figura 7. Deshumidificador para inyectoras

**SAP:** Es un software usado para la gestión de procesos de negocio, el cual esta diseñada para procesamiento eficaz de datos y el flujo de información entre organizaciones. [7] SAP nos permite

llevar una trazabilidad y registro de todos los movimientos, desde costos, proveedores, compras, hasta hojas de ruta y planes de mantenimiento.

#### IV. METODOLOGÍA

Para realizar una implementación de mejoras enfocadas y mejoramiento en el pilar de mantenimiento planeado (paso 1 y paso 2), será necesario hacer un análisis del plan que hay actualmente y del proceso en sí, para que basado en estos dos factores y con ayuda de un equipo de trabajo se puedan realizar dichas mejoras.

Las actividades que se realizarán durante el semestre de industria son las siguientes:

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1	Estudio del plan de mantenimiento y plan maestro de los pilares de TPM.
2	Búsqueda de mejoras al plan de mantenimiento basados en los tiempos de paro.
3	Análisis MTTR, MTBF y tiempos de paro para repetitividad en daños que ocasionan paros (estratificación de averías).
4	Búsqueda de instrumentos de medición con el área de metrología
5	Análisis de proceso para búsqueda de mejoras enfocadas (Kaizen)
6	Análisis del pilar MP con el respectivo avance en la implementación para cuantificarlo.
7	Análisis de mejora a implementar
8	Consolidado de costos de las implementaciones
9	Ensayo de Kaizen para analizar la factibilidad de este

Tabla 1. Actividades a realizar en el semestre de industria.

Actividad	Semanas																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	■	■																		
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3			■	■	■	■	■	■												
4						■	■	■	■											
5			■	■	■	■	■	■												
6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8													■	■						
9																	■	■	■	■

Tabla 2. Cronograma de actividades semanal.

### Pilar de MP paso 1 y 2

Para poder realizar una apreciación real del porcentaje de ejecución de los pasos 1 y 2 del pilar de mantenimiento planeado, tomamos cada una de las actividades que se deben ejecutar para darles una valoración y así poder cuantificar a lo que inicialmente tenía una calificación según percepción.

<b>Actividades paso 1 MP</b>	
ADECUACIÓN DE TABLERO MP	En cada una de las plantas se cuenta con la adecuación de un tablero MP el cual contiene indicadores para seguimiento de los pasos del pilar, este cuenta con rutinas de estudio y actualización por parte del equipo de mantenimiento, es auditado mensualmente para la detección de oportunidades de mejora.
CAPACITACIÓN EN ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO	El operario de mantenimiento adquiere habilidades en la realización de estándares de mantenimiento para sistemas críticos, se divulga el formato en el cual se realizaran y se define lugar de acceso a estos.
ENTRENAMIENTO EN ANÁLISIS DE FALLAS. (ADF)	Se realiza capacitación de las herramientas que componen el formato de ADF a todo el personal de Mantenimiento, se tiene definida esta capacitación a cada persona que ingresa nueva como apoyo al equipo MP, La realiza una validación de conocimientos median auditoria MP mensual
PLAN DE FORMACIÓN TÉCNICA PARA OPERARIOS DE MANTENIMIENTO	Se realiza elaboración de cronograma y definición de capacitaciones según las oportunidades de mejora en conocimientos técnicos del personal del equipo MP, cada capacitación es evaluada de inmediato y las calificaciones se tienen en cuenta en la auditoria MP
MATRIZ MODO FALLA COMPONENTE	Esta herramienta se encuentra publicada en los tableros MP con una frecuencia de actualización trimestral donde se analizan los componentes de cada maquina con fallas repetitivas, El objetivo es que el rol de indicadores la maneje de forma autónoma y sea él quien lidere el análisis de estos resultados en conjunto con el equipo MP
CODIFICACIÓN DE EQUIPOS (DEBIDAMENTE ROTULADOS)	Se cuenta con cada equipo rotulado con la descripción correspondiente en SAP y actualización periódica de ultimo y próximo preventivo de cada equipo.
LISTADO DE DOCUMENTOS DE EQUIPOS (CATÁLOGOS)	La documentación física de equipos se encuentra organizada en un estándar donde especifica módulo, nivel y lugar. La documentación digital se encuentra almacenada en cada una de las carpetas de maquina.
GESTIÓN DE INDICADORES.	Se cuenta con gestión de indicadores cuyo objetivo es medir y mejorar los pasos que componen el pilar de mantenimiento planeado

Tabla 3. Actividades para llevar a cabo el paso 1 de MP.

Actividades paso 2 MP	
CRONOGRAMAS DE REVERSIÓN DE DETERIORO (NIVEL TÉCNICO)	Semanalmente se realiza la creación de orden en SAP donde los operarios de mantenimiento realizan jornadas de detección de anomalías en equipos definidos por cronograma, estos realizan los reportes de condiciones anormales por medio de tarjetas rojas.
AJUSTAR CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO CON RESPECTO A LA VARIABILIDAD DE LAS AVERÍAS ( MTBF )	Se realiza análisis de indicadores con el equipo MP para la identificación de fallas frecuentes en maquinas y se estudia la posibilidad de ajustar frecuencias de mantenimiento como plan de acción.
ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DE ESTÁNDARES DE MANTENIMIENTO.	Los operarios del equipo MP actualmente ejecutan actividades criticas de mantenimiento sin un estándar definido.
DILIGENCIAMIENTO DE ADF (ANÁLISIS DE FALLA)	Se realiza asignación de ADF a trabajos con paros mayores a 8 horas y se realiza seguimiento por medio de una orden creada en SAP. El correcto diligenciamiento de las ADF se evalúa mediante la auditoria MP mensual.
PLANES DE ACCIÓN PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO.	Durante la realización de los análisis de fallas los operarios del equipo MP proponen acciones para reducir los paros no programados con fecha limite de ejecución, estas acciones son validadas por los coordinadores mantenimiento y se crean ordenes de seguimiento para garantizar el cierre de cada plan.
CONSTRUCCIÓN DEL CRONOGRAMA DE LUBRICACIÓN.	Se cuenta con un cronograma de lubricación el cual se actualiza semanalmente y se hace seguimiento por medio del indicador de cumplimiento.
CONSTRUCCIÓN DE LOS ESTÁNDARES/INSTRUCTIVOS DE LUBRICACIÓN.	Todas las maquinas cuentan con cartas de lubricación las cuales describen de manera detallada tipo y cantidad de lubricación para cada punto, sistemas a lubricar y fotograma como guía para su ejecución.

Tabla 4. Actividades para llevar a cabo el paso 2 de MP.

## Mejora enfocada en las inyectoras.

Haciendo una revisión del Pareto y las horas de paro en el histórico de los meses del último año, se encontró que la principal causa que genera tiempos de paro son los apagones eléctricos, seguido de los empastamientos, en esta segundo fue que me basé para realizarle una mejora a las inyectoras y tratar de disminuir un poco el impacto que dicho problema genera tanto en las inyectoras como en el proceso productivo.



Figura 8. Empastamiento en la unidad de inyección.

Cuando ocurre un empastamiento, tal y como se aprecia en la figura 8, todo el material a ser inyectado se empieza a devolver y a depositarse sobre la unidad de inyección, en donde se empieza a solidificar y quedar empastado sobre dicha unidad, allí se encuentra una termocupla y una resistencia las cuales se ven afectadas directamente por este problema ya que estas se encuentran “abrazando” el husillo de inyección y para quitar dicho material ya solidificado, hay que volverlo a “derretir” por medio de un soplete, lo que ocasiona daños drásticos en sus cableados.

Las inyectoras Engel son máquinas de origen Austriaco, por lo que adquirir un repuesto para estas se torna algo costoso por motivo de su importación y las termocuplas vienen configuradas con un

diseño el cuál no se encuentra comercialmente en Colombia, este diseño consta de una termocupla completamente unida a un cilindro de cobre por un método de unión permanente (figura 9), lo que implica que si esta se daña, se deba cambiar todo el conjunto.



Figura 9. Modelo de termocupla tipo J original de las inyectoras Engel

## V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se realiza en compañía de todo el equipo de mantenimiento planeado (líder, ingenieros y técnicos) tanto en las empresas de zona franca (SIP y SIE) cómo en Colauto un documento con rangos de ejecución de las actividades que componen el MP, esto con el fin de crear un estándar para cuantificar con rangos definidos y así tener una ponderación del avance que se va obteniendo en los pasos 1 y 2 de este pilar y en base a estos tener planes de acción para llevar su ejecución al 100% (Anexo 1).



	para todas las plantas						
5	El 100% de los tableros MP cuentan con la información estándar definida para todas las plantas				X	x	x

Tabla 5. Ejemplo de cuantificación de las actividades MP (paso 1 y 2)

Así mismo cómo se ve en la tabla 5, se crea un estándar para cada una de las actividades que componen los pasos 1 y 2 del MP, en donde acorde a sus resultados se empiezan a ejecutar las siguientes actividades como plan de acción:

- Para la reversión del deterioro de equipos.

Adicionar al cronograma de Plan Maestro rutinas de tarjeteo enfocada a maquinaria conjuntamente con MA con el objetivo de revertir el deterioro y fortalecer las habilidades de detección de averías.

- Para el diligenciamiento de análisis de falla.

Estandarizar formato de Análisis de Fallas en todas las plantas, capacitar a los equipos MP en el diligenciamiento de este y realizar el seguimiento de la herramienta mediante la Auditoria MP mensual.

- Matriz modo falla componente

Entrenamiento a rol de indicadores para el diligenciamiento trimestral de la matriz modo falla componente y elaborar cronograma de intervención de averías según los resultados de esta matriz.

- Plan de formación de mantenimiento.

1. Evaluar el nivel técnico de los operarios de mantenimiento e identificar falencias con el fin de definir las capacitaciones.
2. Crear cronograma de plan de formación técnica donde se garantice mínimamente dos capacitaciones al mes en sinergia con el área de Talento Humano.

- Estándares de mantenimiento.

1. Definir formato estándar y valorar las actividades de mantenimiento críticas a estandarizar.
2. Creación y organización de estándares de mantenimiento críticos, socializados y con fácil acceso al personal técnico.

Por medio del software SAP, se analizó e hizo seguimiento a los planes de mantenimiento y de lubricación ya que estos se encuentran dentro de este pilar de mantenimiento planeado, realizando así una estratificación de averías (Figura 10) de los últimos 6 meses en donde se pueden apreciar la recurrencia de las fallas (mantenimientos correctivos) y en conjunto se buscó soluciones a estas, creando estándares (Lup e instructivos), archivos de repuestos críticos para mantener en stock y capacitaciones.

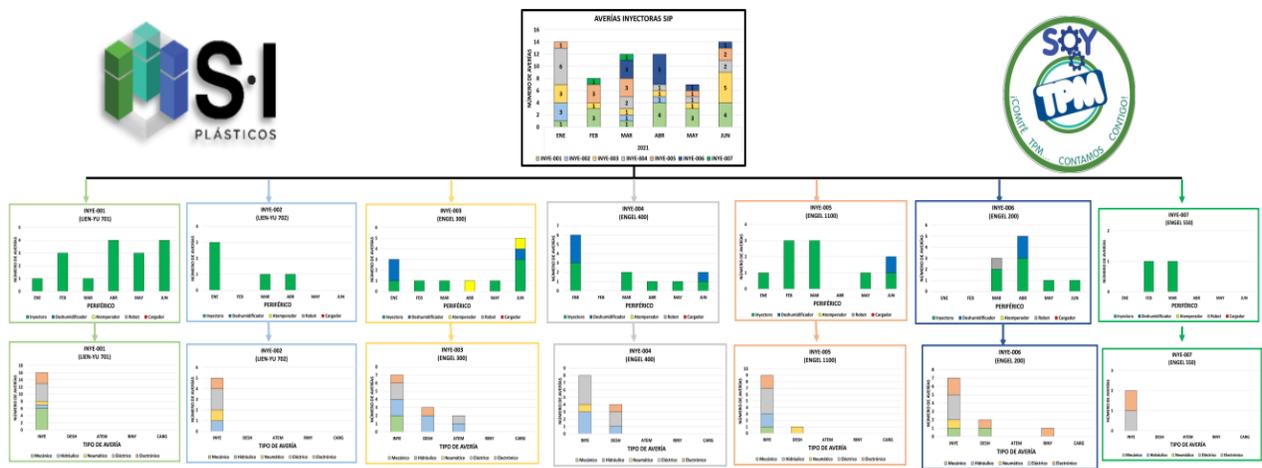


Figura 10. Estratificación de averías en inyectoras y periféricos

Así mismo, se crea el estándar y ruta de inspección (Anexo 2) de la nueva inyectora que inicia operación (inyectora Engel 550-2) en donde el ideal es que los operarios hagan acciones no especializadas como revisiones de nivel de aceite y estado visual de la máquina, con una ayuda visual que es un registro fotográfico con la parte a inspeccionar (Figura 11), contando a su vez con revisiones aleatorias y acompañamientos por parte de los técnicos de mantenimiento o miembros del equipo MP.

## DIAGRAMA ENGEL - 550 (INYE-009) RUTA DE INSPECCIÓN

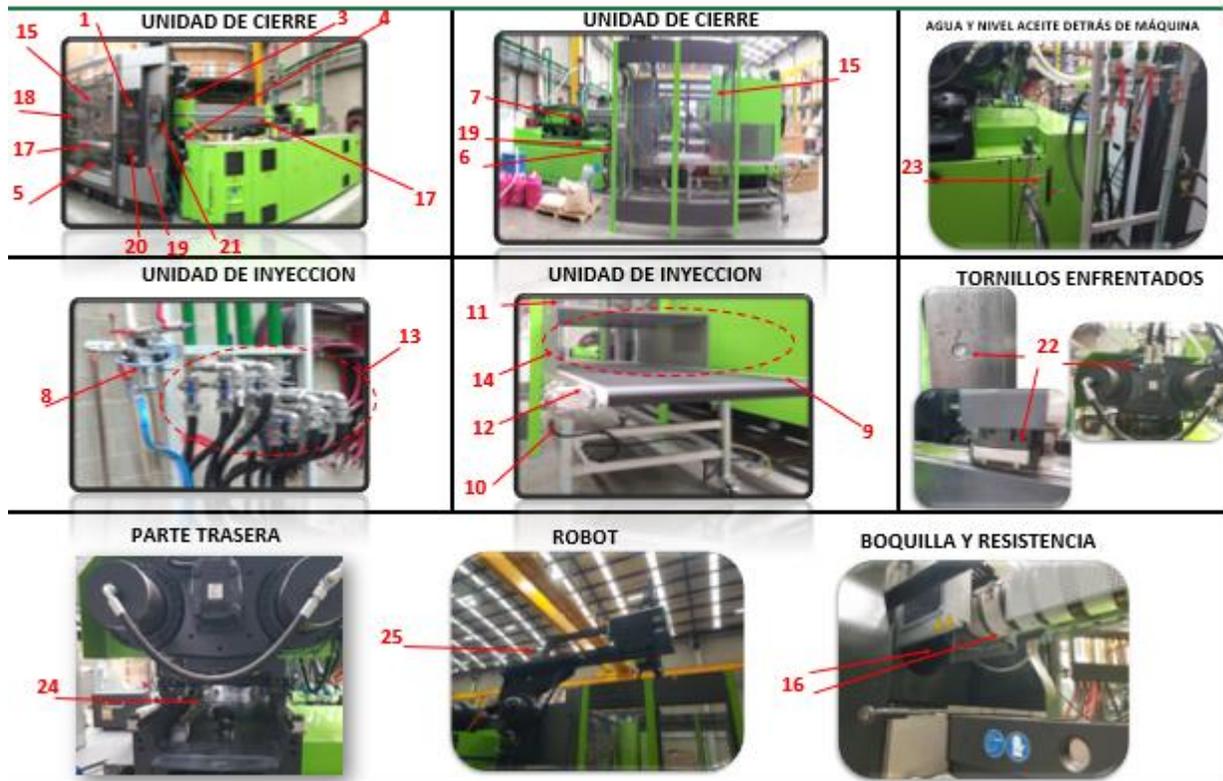


Figura 11. Ayuda visual de partes a inspeccionar en la ruta de inspección.

En cuanto a la lubricación de la inyectora, se crea la carta de lubricación mediante el software Acces, basado en los manuales de usuario de esta, en donde se describe tipo de lubricante, partes a lubricar, cantidades y frecuencia, a su vez se incluye esta en la hoja de ruta y en los planes de mantenimiento en SAP.

SI - PLASTICO														SI <sup>3</sup>			
Cod Equi:	INYE-009		Nombre Equipo: INYECTORA ENGEL DUO 5160/550-2														
Línea:	INYECTORAS			Plano:	Aprobó:												
Nº	Nombre Esp.	Nomb Gen.	Cant.	Lubricante	Marca	NSF	ISO/SAE	NLGI	Acción	Frecuencia	Instructivo	Cantidad	Unidades	T (m)	Color	Rotulo	Ejecuta
<b>CONJUNTO:</b>			<b>GUIAS CARRO DE INYECCION</b>														
10	Guía riel desplazador	Guía	2	GADUS S2 V220	SHELL	H2		NLGI 2	Reengrasar	4 Semanas	Guía	8	Gramos	8	Crema		MP
<b>CONJUNTO:</b>			<b>PUERTA CORREDIZA</b>														
9	Guías de desplazamiento	Guías	4	GADUS S2 V220	SHELL	H2		NLGI 2	Reengrasar	4 Semanas	Guías	8	Gramos	6	Crema		MP
<b>CONJUNTO:</b>			<b>SISTEMA DE MOLDEO</b>														
11	Graseras	Graseras	1	GADUS S2 V220	SHELL	H2		NLGI 2	Reengrasar	4 Semanas	Graseras	4	Gramos	8	Crema		MP
12	Molde	Molde de Inyeccion	1	MOTORKOTE 3W	10TORKOT	H2		2	Reengrasar	1 Semana	Molde	50	Gramos	15	Crema		MA
<b>CONJUNTO:</b>			<b>TRANSMISION</b>														

Figura 12. Ejemplo de parte de la carta de lubricación de inyectora Engel 550-2

### Mejora enfocada en la termocupla de la unidad de inyección

Con el ideal de realizar una mejora, que a su vez significara un ahorro económico para la empresa, se hace un rediseño a la termocupla original con la que vienen predeterminadas las inyectoras Engel, tal que en caso de que ocurra un empastamiento, tenga las siguientes ventajas:

1. Más fácil adquisición sin necesidad de importar el repuesto.
2. Sólo cambiar el bulbo sin tener que cambiar completamente todo el conjunto (bulbo más cilindro de cobre)
3. Sea más económico.
4. Se puedan usar estándares nacionales en el bulbo (Por ejemplo, termocupla Pt10).

Para esto hice un rediseño basado en la termocupla original (por motivos de confidencialidad con la compañía no se adjuntan planos de diseño) en donde el objetivo fue independizar el bulbo del cilindro de cobre, haciendo que dicho bulbo se pueda cambiar fácilmente, ajustándose gracias a un prisionero ubicado en el cilindro, de tal modo que si se sufre un daño en el cableado o en el bulbo de la termocupla sea fácil de reemplazar, ahorrando tiempo y dinero.

Pos.	Cl.	Ip.	GCP	Hist.ped.	Fecha doc.	Material	Texto breve	Grupo art.	U	P	I	Ce.	Aim.	Cantidad	UMP	Cantidad	UMA	Precio neto	Mon.	Por
Proveedor/Centro suministrador 2000000023 ENGEL AUSTRIA GMBH																				
Documento compras 4000000121																				
10	IM	F	102		07.11.2018	49001318	TERMOCUPLA D50X100 TYPE"J"	FHM10019		F	3000			1	UND	1	UND	99,80	EUR	1
20	IM	F	102		07.11.2018	49001318	TERMOCUPLA D50X100 TYPE"J"	FHM10019		F	3000			1	UND	1	UND	99,80	EUR	1

Figura 13.Costo de termocupla importada.

Haciendo un análisis de costo de la termocupla, la que se había usado normalmente (importada) y sacando los datos de SAP en el historial de compras, esta tiene un costo aproximado de 100 euros (Aproximadamente 450.000 COP), mientras que la que diseñe me la fabricaron en una empresa nacional ubicada en la ciudad de Medellín por un valor de 149.700 COP significando un ahorro de más del 77% y cabe resaltar que en caso de dañarse cualquiera de sus componentes, ya sólo se tendría que reponer el bulbo y el cable (Se usa una Pt100) que tiene un costo aproximado de 50.000 COP, lo que significa un ahorro en comparación a la termocupla original de más del 88%

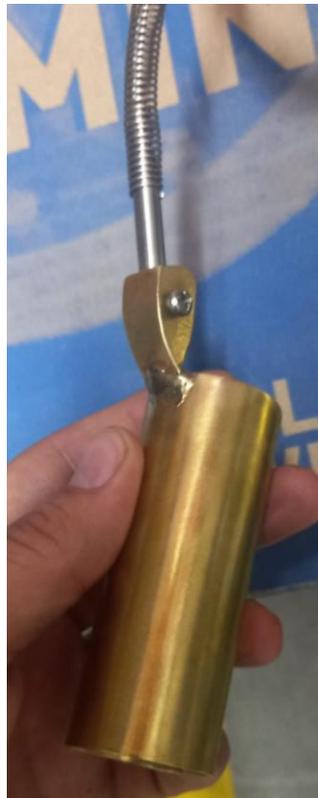


Figura 14. Diseño nuevo de termocupla cilindro de cobre con prisionero y bulbo tipo J pt 100

## Pruebas en la inyectora.

Desde el pasado 4 de mayo del 2022 se hizo el cambio de la termocupla original por la que se rediseñó, con el fin de hacer pruebas en conjunto con el área de metrología y analizar su comportamiento y viabilidad en el proceso. Para eso utilizamos un equipo de patrón y analizamos los resultados y desviaciones comparando las medidas entregadas por el equipo patrón y las censadas por la máquina usando la termocupla rediseñada.



Figura 15. Prueba de temperatura con Termocupla y equipo patrón.

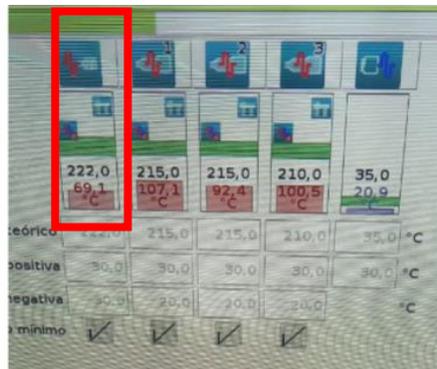
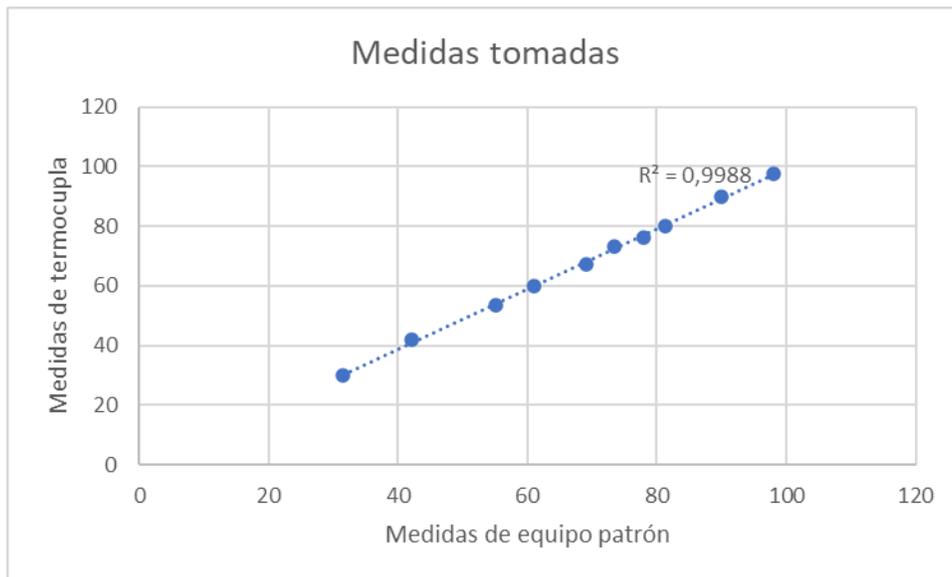


Figura 16. Temperatura censada por termocupla rediseñada.



Figura 17. Temperatura censada con equipo patrón

Tomando diferentes medidas, se hizo una comparación entre la termocupla rediseñada y el equipo patrón.



Gráfica 1. Comparación entre Termocupla y equipo patrón.

En la gráfica podemos observar un comportamiento casi lineal con una coincidencia de más del 99% entre los datos tomados y la máxima desviación entre los datos tomados fue de 2°C que dependiendo la aplicación sería relativamente alta, en caso de este proceso, trabajan con una

desviación de aproximadamente  $15^{\circ}\text{C}$ , por lo cual dicha termocupla se acomoda y nos sirve para el proceso productivo.

Se siguió haciendo revisiones cada 2 días y la inyectora trabajo casi sin descanso de manera continua durante el último mes y la desviación no cambió y el proceso no tuvo inconvenientes.

## VI. CONCLUSIONES

Se logró tener una mejora en la estructuración del plan de mantenimiento teniendo como base el Pareto y las horas de paro, usando la estratificación de averías como herramienta para identificar de una manera más óptima las partes de las máquinas que presentan mayor recurrencia en las fallas, pudiendo tomar planes de acción y disminuir el número de mantenimientos correctivos.

Así mismo cuantificando y dándole rangos de valores a los pasos del pilar de mantenimiento planeado, se logro encontrar debilidades y lo necesario para que la implementación del TPM mejorara en la empresa, lo que con este implica directamente el plan de mantenimiento, incluyendo en este la nueva inyectora que entro a operación, dejando bien estipulado y entre las hojas de ruta su plan de mantenimiento, de lubricación y de rutas de inspección, estas últimas jugando un papel muy importante en el mantenimiento ya que al operario conocer bien la máquina con la que trabaja, hace que el proceso sea más autónomo y permita detectar con mayor facilidad fallas y comportamientos extraños de la máquina e intervenirla a tiempo.

Gracias al análisis del Pareto donde se evidenció la recurrencia de falla por empastamiento, se logra tener un diseño que proporciona un beneficio económico y del proceso en cuestión de agilizar el cambio de la termocupla, en donde para esta aplicación se adapta de manera acertada independientemente de la desviación que se presentó con el equipo patrón de menos 2°C, cabe resaltar que las medidas proporcionadas por el equipo patrón nunca estuvieron por encima de la termocupla, lo cual atribuyo a que este equipo no era de inmersión sino que era de medición superficial, pudiendo conllevar a un mayor margen de error por parte del equipo patrón (perdidas de calor con el ambiente y las paredes del cilindro de cobre), recomendando así volver a tomar medidas con un equipo patrón de inmersión y sacar unos datos de desviación y error más acertados.

Cabe resaltar que el rediseño de la termocupla ayuda a minimizar tiempo y costos cuando ocurre un empastamiento, pero no evita que este ocurra, lo cual debe de ser el problema principal a atacar, el cual por falta de tiempo no se pudo empezar a tratar, pero se deja el planteamiento para darle solución al que sería el mayor problema que se podría intervenir que ocasiona paro de línea productiva.

## VII. REFERENCIAS

[1] A.Romero, EL TPM [En línea] disponible en.

<http://www.angelantonioromero.com/el-tpm-o-mantenimiento-productivo-total/>

[2] R.Sejzer. (2019, Julio 01) Kobetsu Kaizen, ¿Qué son las mejoras enfocadas? [En línea] disponible en.

<http://ctcalidad.blogspot.com/2019/01/kobetsu-kaizen-que-son-las-mejoras.html>

[3] J.F. Pérez Herrera, Mantenimiento Productivo Total, Lean Construction, México, 2020.

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/mantenimiento-productivo-total-tpm#:~:text=El%20mantenimiento%20planificado%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido,objeti vo%20de%20C2%ABcero%20aver%C3%ADas%20BB.>

[4] A. Mendizabal, Gestión de mantenimiento y activos físicos, [En línea] disponible en

<https://angelmendizabal.com/mantenimiento/6-pasos-para-implementar-el-mantenimiento-planificado/>

[5] E. Rus Arias, (2020, octubre 07) Diagrama de Pareto [En línea] disponible en.

<https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-pareto.html>

[6] L.Zarza, ¿Qué es una bomba hidráulica y cuántos tipos hay? [En línea] disponible en.

<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-bomba-hidraulica-y-cuantos-tipos-hay>

[7] SAP, [En línea] disponible en.

<https://www.sap.com/latinamerica/about/company/what-is-sap.html>

## ANEXOS

Junto a este trabajo se anexan 2 documentos, los cuales serían:

- Criterios de calificación en mantenimiento planeado paso 1 y 2
- Ruta de inspección de inyectora 550-2