



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Implementación de herramientas del TPM y la mejora en la eficiencia de la línea inyectora de la planta 3 de la empresa Grupo Reyplast

### **TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Industrial

### **AUTORES**

Tiburcio Echeverre, Ericka Alessandra  
ORCID: 0000-0002-1528-7265

Nano Yopez, Carlos Rodrigo  
ORCID: 0000-0003-4377-4527

### **ASESOR**

Quea Vasquez, Juan Antonio  
ORCID: 0000-0002-6866-5610

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Tiburcio Echeverre, Ericka Alessandra

DNI: 73803308

Nano Yepez, Carlos Rodrigo

DNI: 77059337

### **Datos de asesor**

Quea Vasquez, Juan Antonio

DNI: 09380924

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Velasquez Costa, José Antonio

DNI: 09827586

ORCID: 0000-0002-7761-8517

JURADO 2

Saito Silva, Carlos Agustin

DNI: 07823525

ORCID: 0000-0002-8328-5157

JURADO 3

Oqueliz Martinez, Carlos Alberto

DNI: 08385398

ORCID: 0000-0003-4872-7471

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 02.11.04

Código del Programa: 722026

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con gran amor a mis padres que serán por siempre el motivo por el cual seguir creciendo día a día como profesional y como persona; a mis hermanos para que puedan seguir con sus sueños tal como yo lo hice; y a mi abuela que desde el cielo sigue viendo mis logros.

Tiburcio Echeverre, Ericka

Dedico esta tesis con bastante cariño a mis padres, quienes siempre son y serán mi mayor motivación para seguir creciendo como profesional; de igual manera a mi hermano quien siempre me aconsejó de la manera más oportuna para poder seguir firme en mis decisiones. Gracias por todo.

Nano Yepez, Carlos Rodrigo

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento especial a nuestra alma máter, por darnos las herramientas necesarias para poder decir hoy que somos profesionales exitosos, a nuestro asesor y metodólogo, Mg. Juan Quea, y metodólogo por el seguimiento continuo, consejos y enseñanzas a lo largo del desarrollo de esta tesis.

Nano Yepez, Carlos Rodrigo

Tiburcio Echeverre, Ericka

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	6
1.2.1. Problema General .....	6
1.2.2. Problemas Específicos .....	6
1.3. Importancia y Justificación del estudio .....	7
1.3.1. Importancia del estudio .....	7
1.3.2. Justificación del estudio .....	9
1.4. Delimitación del estudio .....	14
1.5. Objetivos generales y específicos .....	16
1.5.1. Objetivo general .....	16
1.5.2. Objetivos específicos .....	16
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1. Marco histórico .....	17
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema .....	20
2.2.1. Investigaciones referentes nacionales .....	20
2.2.2. Investigaciones referentes internacionales .....	26
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	30
2.4. Definición de términos básicos .....	66
2.5. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis .....	68
2.6. Hipótesis .....	69
2.6.1. Hipótesis general .....	69
2.6.2. Hipótesis específicas .....	69
2.7. Variables .....	69
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>70</b>
3.1. Tipo, método y diseño de la investigación .....	70
3.2. Población y muestra .....	71
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	73
3.4. Descripción de procedimientos de análisis .....	77

<b>Capítulo IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>78</b>
4.1. Resultados .....	78
4.2. Análisis de resultados .....	117
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>125</b>
<b>REFERENCIA .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>133</b>
Anexo 1: Matriz de consistencia .....	133
Anexo 2: Matriz de Operacionalización .....	134
Anexo 3: Permiso de tesis .....	135

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Reporte de fallas, averías, accidentes e incidentes .....	4
Tabla 2. Cuadro resumen de la población y muestra .....	73
Tabla 3. Técnicas e instrumentos.....	76
Tabla 4. Matriz de Análisis de datos.....	77
Tabla 5. Número de averías antes de la implementación .....	80
Tabla 6. Reporte de tiempos en reparación de averías en la Máquina CFL 285-TX 1... 80	
Tabla 7. Tabla de datos para Diagrama de Pareto .....	82
Tabla 8. Clasificación de cantidad de averías.....	82
Tabla 9. Número de averías después de la implementación .....	94
Tabla 10. Plan de acción de actividades – objetivo específico 1 .....	95
Tabla 11. Datos post en referencia de tiempos por averías en cada semana .....	95
Tabla 12. Número de fallas en el proceso antes de la implementación .....	99
Tabla 13. Número de fallas en el proceso después de la implementación.....	105
Tabla 14. Plan de acción de actividades – objetivo específico 2.....	106
Tabla 15. Número de accidentes e incidentes antes de la implementación .....	109
Tabla 16. Número de accidentes e incidentes después de la implementación.....	114
Tabla 17. Plan de acción de actividades – objetivo específico 3 .....	115
Tabla 18. Datos Pre – Datos Post Número de averías .....	118
Tabla 19. Prueba de normalidad – variable 1 .....	118
Tabla 20. Prueba de contrastación – variable 1 .....	119
Tabla 21. Datos Pre – Datos Pro Número de fallas en los procesos.....	120
Tabla 22. Prueba de normalidad – variable 2 .....	120
Tabla 23. Prueba de contrastación – variable 2 .....	121
Tabla 24. Dato Pre – Dato post del número de accidentes e incidentes laborales.....	122
Tabla 25. Prueba de normalidad – variable 3 .....	122
Tabla 26. Prueba de contrastación – variable 3 .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Balanza comercial .....	1
Figura 2. Diseño de Planta 03 .....	2
Figura 3. Diagrama de Ishikawa .....	3
Figura 4. Máquina parada por averías .....	4
Figura 5. Condición insegura .....	5
Figura 6. Ubicación geográfica .....	14
Figura 7. Delimitación temporal .....	15
Figura 8. Historia y evolución del mantenimiento .....	17
Figura 9. TPM desde el inicio hasta su expansión. ....	19
Figura 10. Evolución de la gestión del mantenimiento .....	20
Figura 11. Niveles y tipos de mantenimiento .....	31
Figura 12. Formato Diagrama Ishikawa .....	35
Figura 13. Comparación enfoque convencional vs Análisis P-M .....	41
Figura 14. Pasos realizar el análisis P-M .....	42
Figura 15. Formato Análisis P-M – Paso 1 .....	43
Figura 16. Formato Categoría 4-M – Paso 3 .....	45
Figura 17. Formato Desglose Categoría 4-M – Paso 4 .....	47
Figura 18. Formato Comprobación de elementos – Paso 5 .....	48
Figura 19. Formato Comprobación de elementos – Paso 6 .....	49
Figura 20. Formato Análisis PM - Consolidado .....	52
Figura 21. Ciclo CAPD en el Mantenimiento Autónomo .....	53
Figura 22. 7 tipos de anomalías .....	54
Figura 23. Tarjeta para señalar anomalías .....	55
Figura 24. Objetivos fuentes de contaminación y lugares inaccesibles .....	56
Figura 25. Check List de Seguridad .....	61
Figura 26. Daily Cleaning and Inspection Check - 1 .....	65
Figura 27. Daily Cleaning and Inspection Checks - 2 .....	65
Figura 28. Tabla de fundamentos de sustento de hipótesis .....	68
Figura 29. Importaciones y Exportaciones de la industria de plástico .....	78
Figura 30. Diagrama de Pareto grupo de averías .....	83
Figura 31. Identificación de causas de averías .....	85
Figura 32. Registro de análisis 5W + 1H (Caso estudio) .....	86



Figura 33. Identificación de condiciones constituyentes .....	88
Figura 34. Análisis de condiciones constituyentes .....	89
Figura 35. Análisis de comprobación de elementos .....	89
Figura 36. Identificación de causas de averías .....	90
Figura 37. Leyenda de clasificación de condiciones .....	91
Figura 38. Análisis P-M .....	92
Figura 39. Gráfico de ruptura de averías por semana .....	97
Figura 40. Reunión para fijación de parámetros .....	100
Figura 41. Check list – Limpieza Diaria .....	101
Figura 42. Check list Inspección de máquina .....	103
Figura 43. Personal de mantenimiento levantando la observación .....	104
Figura 44. Gráfico de reducción de fallas por semana .....	107
Figura 45. Identificación de tipos de anomalías .....	110
Figura 46. Resumen de actividades de limpieza .....	111
Figura 47. Programa de charlas .....	112
Figura 48. Check list de seguridad .....	112
Figura 49. Charlas de seguridad .....	113
Figura 50. Gráfica de ruptura cantidad de accidentes e incidentes .....	116
Figura 51. Tipos de pruebas .....	117
Figura 52. Resumen de resultados .....	124

## RESUMEN

La presente investigación se centró en implementar herramientas y métodos que contribuyan con la mejora de la eficiencia en la organización de sector industrial de plásticos, específicamente en el área de mantenimiento. Se realizó un estudio donde se pudo diagnosticar los problemas principales dentro de la línea inyectora de la empresa, que es el área principal de producción, focalizándonos en el mantenimiento de las máquinas primordiales como son las máquinas inyectoras CLF 285 TX. Dentro de las problemáticas, se encontraron la cantidad de averías reportadas semanalmente en la mayoría de las máquinas con tiempos elevados de reparación y esto se debe a la falta de metodologías para poder identificar de manera correcta la causa de la avería y en menor tiempo.

Por consiguiente, se planteó como objetivo identificar en qué medida se mejorarían la eficiencia si reducimos el número de averías, para ello, la investigación determinó que la metodología de Análisis P-M; que es un proceso de 8 pasos que permitieron disgregar las condiciones físicas en las que se encuentra el equipo averiado e identificar la causa exacta. Otra problemática que no permitía un mejor indicador de eficiencia es la falla en los procesos, esto se debía muchas veces por la falta de limpieza adecuada de los equipos a causa de que no contaban con un programa de limpieza selectivo y organizado, con ayuda del método CIL Estándar, la empresa llevará un registro minucioso, organizado y continuo de limpieza profunda, con la ayuda de Check list y auditorias. Y, por último, el número de accidentes e incidentes tenía una cantidad constante, pero presentaba poca reducción, por ello se utilizó la técnica del CAP Do, ésta ayudó a generar un proceso de mejora con respecto a la seguridad de la empresa.

**Palabras clave:** Análisis P-M, Averías, Fallas, Accidente e Incidentes, CAP Do, Cil Estándar.

## ABSTRACT

This research focused on implementing tools and methods that contribute to improving efficiency in the organization of the plastics industrial sector, specifically in the maintenance area. A study was carried out where it was possible to diagnose the main problems within the company's injection line, which is the main production area, focusing on the maintenance of essential machines such as the CLF 285 TX injection machines. Among the problems, the number of breakdowns reported weekly in most of the machines with high repair times was found and this is due to the lack of methodologies to be able to correctly identify the cause of the breakdown and in less time.

Therefore, the objective was to identify to what extent efficiency would be improved if we reduce the number of breakdowns, for this, the investigation determined that the P-M Analysis methodology; which is a process of 8 steps that allowed to disaggregate the physical conditions in which the damaged equipment is found and identify the exact cause. Another problem that did not allow a better indicator of efficiency is the failure in the processes, this was often due to the lack of adequate cleaning of the equipment because they did not have a selective and organized cleaning program, with the help of the method CIL Standard, the company will keep a detailed, organized and continuous record of deep cleaning, with the help of the Check list and audits. And finally, the number of accidents and incidents had a constant amount but showed little reduction, for this reason the CAP Do technique was used, this helped to generate an improvement process with respect to the company's safety.

**Keywords:** P-M Analysis, Breakdowns, Failures, Accident and Incidents, CAP Do, Standard Cil.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación describe la situación actual del proceso más importante de una empresa comercializadora industrial de plásticos, estos productos son utilizados para el hogar, organizaciones y comercio exterior; por eso su misión principal es brindar productos de buena calidad. La producción tiene como actividad primordial el proceso de inyección que es realizada por la máquina inyectora quien cumple la función de moldear el material, esta línea de equipos serán nuestro objeto de estudio. El objetivo de este estudio es resolver los problemas con mayor frecuencia para lograr mejorar la eficiencia en la línea inyectora utilizando la herramienta TPM cuyo enfoque es evitar las pérdidas de producción provocadas por el mal estado de las máquinas, esta tesis está compuesta por cuatro capítulos que informaremos a continuación:

En el primer capítulo, se desarrollará el planteamiento del problema en donde se abordará el problema general y los específicos de la empresa, asimismo, describiremos los objetivos y los métodos o herramientas que se empleará para dar mejora al problema. Se especificará las delimitaciones teóricas y espaciales, así como la importancia y justificación del trabajo.

El segundo capítulo, contiene precedentes históricos desde la teoría hasta investigaciones antecedentes tanto nacionales como internacionales, los que servirán de respaldo para indicar que los métodos son certificados en mejoras; además, recolectaremos información sobre los conceptos de las palabras claves necesarias para la aplicación de las herramientas, es decir, las variables a utilizar como el significado del Análisis P-M, Cil Estándar y Cap Do.

En el tercer capítulo, se presentará la hipótesis general y las hipótesis específicas de la investigación, las variables dependientes e independientes; así como también, la población y muestra de nuestras variables de estudio. Además, mencionaremos las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el cuarto capítulo, presentaremos el desarrollo del trabajo de investigación en donde incluiremos los datos con los que se diagnosticó el problema, la propuesta de mejora, las evidencias y el análisis de los resultados con datos tomados después de la implementación. Para poder comprobar la hipótesis general y específica planteada, se presentará los análisis de resultados mediante el sistema estadístico IBM SPSS, donde se podrá validar la información expuesta. Finalmente, se desarrollarán las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

# CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO

## 1.1 Descripción del problema

Debido al calentamiento global, en los últimos años la industria del plástico ha tenido muchas restricciones y limitaciones, siendo uno de los principales la oposición a la fabricación de plásticos cuya vida útil termina en el primer uso; esto debido a la constante contaminación por parte de las personas que depositan sus residuos en los mares, ríos y flora, impactando negativamente al medio ambiente. Dicho actuar generó que los representantes de distintos países en todo el mundo implementen medidas para reducir su uso; las medidas establecidas al momento corresponden desde la imposición de impuestos o limitaciones en el comercio, hasta la prohibición total o parcial del mismo.

Durante el periodo 2018 al 2021, las importaciones han tenido una variación descendente; sin embargo, las exportaciones han tenido un crecimiento sostenido (INEI, 2021).

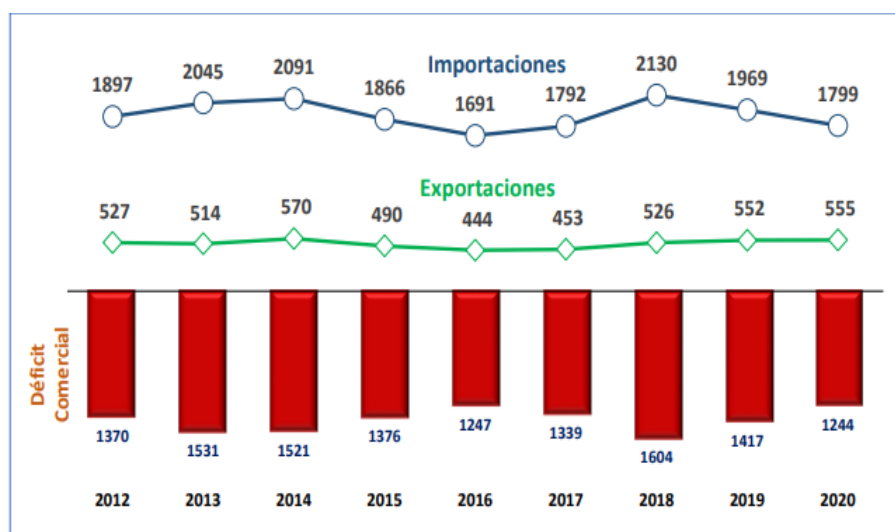


Figura 1. Balanza comercial

Fuente: INEI

En la figura 1 se muestra la variación de importaciones y exportaciones en la industria del plástico según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI).

Pinilla (2008) señala que, debido a la alta carga comercial presentada en el rubro, para lograr satisfacer las necesidades del mercado se requiere una gestión adecuada y eficiente por parte del área de mantenimiento, para mejorar y/o mantener los niveles de producción en la planta; por ello, muchas empresas cuentan con sistemas de gestión diferentes que ayuden a maximizar la eficiencia dentro de sus procesos. Una adecuada gestión tiene impactos positivos dentro de la organización y de los trabajadores. Por ello, la medición de la eficiencia consiste en comparar el acto real de la empresa con respecto a su óptimo” (p. 15)

La empresa ReyPlast S.A.C., se encuentra ubicada en la Av. Nicolás Ayllón 2480 en el distrito de Ate, en la provincia de Lima, departamento de Lima-Perú, cuenta con más de 35 años en el mercado y especialistas en la fabricación, comercialización y distribución de la más alta gama de productos plásticos para el hogar, industria, importación y exportación.

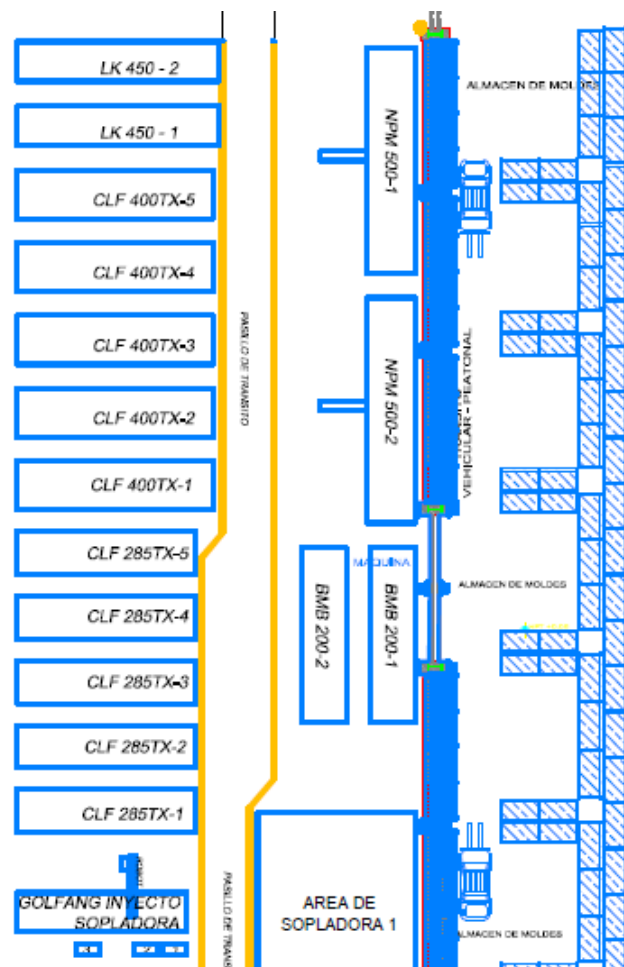


Figura 2. Diseño de Planta 03  
Fuente: Diseño propio

En la figura 2 se muestra la distribución de las máquinas en la planta 3, las cuales son objeto de estudio en el presente trabajo; por otro lado, cabe mencionar que, la empresa actualmente cuenta con 3 plantas de producción designadas con el nombre de planta 01, planta 02 y planta 03; asimismo, cada planta cuenta con una cierta cantidad de máquinas y operarios.

La producción inicia con la inyección de la materia prima desde el Silo hacia la torre gravimétrica, el cual somete la materia a un proceso automatizado de separación, selección y mezcla, luego se dirige a la unidad de inyección de la máquina la cual somete la materia prima a altas temperaturas para obtener el plástico fundido; finalmente, el material plastificado se envía por medio de un pistón a los moldes llenando las cavidades haciendo efectiva la unidad de cierre. (anexo 01)

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo identificar los factores que influyen en la baja eficiencia de la línea inyectora de la planta 03; por lo cual, para lograr identificar cuáles son los factores o causas que tienen impacto en la eficiencia, se programó una reunión con los encargados y/o supervisores de planta con la finalidad de identificar las posibles causas.

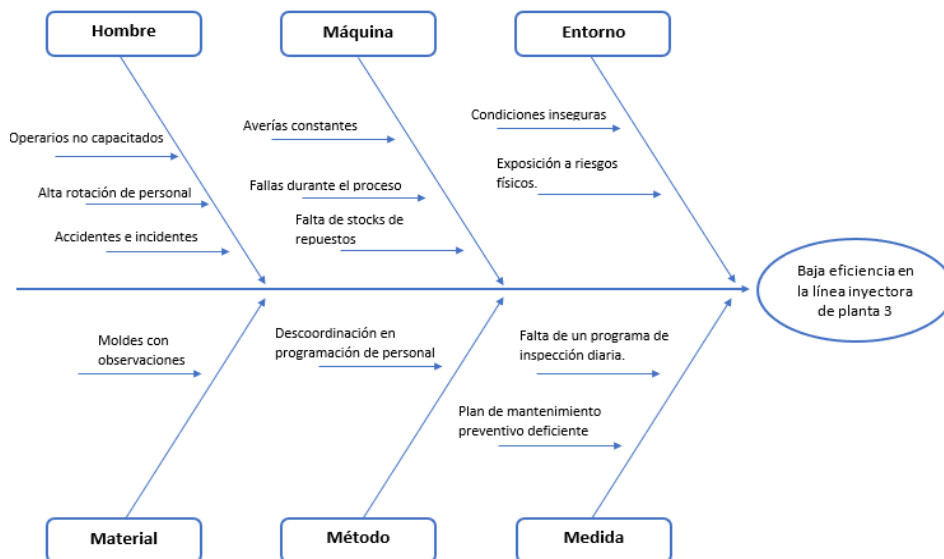


Figura 3. Diagrama de Ishikawa  
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 3, el motivo de una baja eficiencia en la línea inyectora de planta 03 se debe a una serie de factores tales como: personal, equipos y herramientas, método, máquina y ambiente, siendo los 2 últimos objetos de estudio.



*Figura 4. Máquina parada por averías*  
Fuente: Elaboración propia

La figura 4 se puede observar una máquina parada por causa de una avería en el sistema de hidráulico de la unidad de cierre.

Por otro lado, se obtuvo un reporte específico que detalla el número de averías, fallas en el proceso y accidentes e incidentes laborales ocurridos durante un periodo de 6-8 semanas; dichos datos fueron obtenidos del software de mantenimiento MP9 y el registro de incidentes laborales presentados en la empresa.

Tabla 1.

Reporte de fallas, averías, accidentes e incidentes

Máquina	Número de averías	Número de fallas	Número de accidentes e incidentes
CLF 285 TX-1	13	15	10
CLF 285 TX-2	16	16	9
CLF 285 TX-3	12	17	8
CLF 285 TX-4	15	17	11
CLF 285 TX-5	8	16	9

Fuente: Elaboración propia



En la tabla 1 se observa que el mayor número de fallas se manifiesta en la máquina CLF 285 TX-4 y CLF 285 TX-3; siendo una de las causas la falta de programación, continuidad y compromiso por parte del personal para realizar el mantenimiento de los equipos con las actividades básicas de limpieza. Se consultó con el encargado de la máquina, el cual indicó que la limpieza no es constante, sino al contrario solo se realiza cuando está presenta fallas en su funcionamiento; es decir, no cuenta con un programa de limpieza e inspección en las máquinas.

La máquina con mayor número de averías presentadas durante el periodo de recolección de datos fueron la CLF 285 TX-4 y CLF 285 TX-3; de igual manera la causa es por el incumplimiento del mantenimiento preventivo establecido por la jefatura y la falta de seguimiento.

Por otro lado, el reporte de accidentes e incidentes laborales obtenidos de la base de datos de la empresa, nos indica que la máquina CLF 285 TX-4 presenta mayor frecuencia debido a las condiciones inseguras que se presenta en la zona de trabajo, exponiendo al personal a riesgos de caídas en el mismo nivel, a distintito nivel, resbalones, tropiezos, golpes y otros, los cuales afectan directamente al indicador de disponibilidad.



*Figura 5. Condición insegura*  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se observa una estructura reclinada contra el soporte de una máquina inyectora; dicha condición insegura expone al personal a riesgos de caídas a nivel, tropiezos, golpes contra objetos inanimados y otros.

Finalmente, los problemas específicos mencionados anteriormente impactan directamente al indicador de la eficiencia general de los equipos (OEE). Es preciso mencionar que este es influenciado por los indicadores de la disponibilidad, calidad, y rendimiento, los cuales, al encontrarse por debajo de lo establecido como objetivo de la empresa, esta se ve afectada económicamente.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

¿De qué manera podemos mejorar la eficiencia de la línea inyectora en la planta 3 de la empresa Grupo ReyPlast?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo reducir el número de averías en las máquinas de la línea inyectora de la planta 3?
- b) ¿Cómo reducir las fallas en los procesos de la línea inyectora de la planta 3?
- c) ¿Cómo reducir los accidentes e incidentes laborales que se presentan en la línea inyectora de la planta 3?

### 1.3. Importancia y Justificación del estudio

#### 1.3.1. Importancia del estudio

La empresa REYPLAST es una de las potencias líderes en la producción y venta de artículos plásticos para el comercio e industria en el Perú y América Latina. La misión de la empresa es brindar artículos plásticos innovadores, prácticos y seguros; por ello es indispensable que las líneas inyectoras tengan establecido una estructura de mantenimiento adecuada que nos brinden buenos resultados en los indicadores de gestión de funcionamiento de las máquinas, de esta manera se podrá obtener mejoras en el mantenimiento y procesos, y menor número de cuello de botellas en la producción.

Con esta investigación nosotros queremos exponer nuestros conocimientos obtenidos para mejoras en las empresas. Los aportes que queremos dar son:

- Reducción de averías: Para una organización es importante que las máquinas presenten un alto nivel de eficiencia; para ello, es necesario reducir la cantidad de averías que ocasionen paradas en las máquinas, las cuales afectan en la línea de producción, generando pérdidas económicas, tiempo muerto en mano de obra, y otros.

Es importante buscar una solución correcta de las averías, de lo contrario, existe una mayor probabilidad de paro en las máquinas y problemas en la producción planificada; de igual manera, existe riesgos de incumplimiento en las entregas de pedidos al cliente final. En tal sentido, para evitar lo antes mencionado, se deberá implementar herramientas que permitan tener un mejor análisis de averías detallado y que nos permita identificar las causas específicas que lo ocasionan; esta herramienta deberá permitir desglosar las posibles causas para poder encontrar la base del problema y poder aplicar acciones correctivas para la mejora.

Con la implementación de la herramienta podremos detectar con facilidad la causal primordial, si bien esta mejora beneficia a toda la empresa, en específico algunas áreas se verán mejor aportadas; por ejemplo, el personal de mantenimiento tendrá un buen indicador en tiempo de atención y

solución al problema presentado, debido a que tendrá una información más amplia y determinada sobre la problemática. Otros beneficiados sería el área de planeamiento y control de producción, porque los imprevistos no afectarán en mayores números a la producción ni se prolongará la fecha de despacho programada.

- Reducción de fallas: Se debe considerar que si bien las fallas en los procesos mayormente se dan por daños en partes de las máquinas también se pueden pronunciar a causa de faltas de mantenimiento de limpieza adecuado, es por eso que, al observar la deficiencia en las fallas, decidimos enfocarnos en la programación y procesos de la limpieza de máquinas, ya que de esta manera podemos concientizar a que el personal de control de la máquina tenga una estructura de revisión correcta debido a que son ellos y quienes lo manejan, y no el personal de limpieza asignada.

Las fallas de máquinas en los procesos de producción reducen la productividad y eficiencia, por lo tanto, reducen tiempo y generan pérdidas económicas. Buscamos implementar un método perfeccionándose a pasos que ayuden a que el área de trabajo tenga mayor orden, limpieza y evite las contaminaciones que puedan dañar al producto o a su misma vez causar daños a los operarios que lo ejecuten.

Considerar que toda reducción de deficiencias, aporta significativamente a la economía en la empresa, pero también mejora el proceso de producción, como en este caso al personal de mantenimiento y producción dando instrucciones para una revisión minuciosa y limpieza en las zonas que no son visibles, que son las que no tenían un cronograma.

- Reducción de Incidentes: El reporte de incidentes presentados semanalmente, no era elevado, pero si constante con respecto al número de situaciones presentadas, es por eso que decidimos plantear una mejora para la reducción de accidentes e incidentes; es importante que el personal se sienta seguro mientras labora. Nuestro objetivo es implementar un método que sea general, que se pueda aplicar en diferentes áreas pero que tomaremos como piloto a la línea inyectora, este método juntaremos lo que ya estamos implementando que es el proceso de limpieza, así como

programas que ayuden a capacitar al personal, dándole información sobre los incidentes generados, la forma como se atendieron; así como también como evitarlos, de esta manera tendrán conocimientos de precaución. En el área laboral ocurren incidentes por causas diversas, obteniendo la causa-raíz del mayor problema podremos aplicar una serie de actividades que harán que el área sea más organizada.

Reducir los incidentes laborales beneficiará a todo el personal de la empresa en general, los resultados de la aplicación en la línea inyectora permitirán que se pueda aplicar en las demás áreas, dando seguridad a la organización.

De esta manera, queremos mostrar que si aplicamos herramientas que permitan la mejora en la gestión de mantenimiento para cada una de las problemáticas con mayor relevancia, mejoraremos el funcionamiento de las máquinas, mayor producción o cumplimiento de la meta de producción establecida diariamente, menor probabilidad de errores humanos, la calidad del producto y su producción.

### 1.3.2. Justificación del estudio

#### a. Justificación Teórica

Salinas y Cárdenas (2009), indica que “Una investigación se justifica teóricamente cuando se detecta un vacío en un campo científico y la conducción del estudio permitirá llenarlo total o parcialmente” (p.35).

Es de conocimiento global que los equipos de las industrias se están cada año automatizando y sofisticando de manera apresurada y si le sumamos que se está evaluando continuamente la producción “Just-in-time”, es inevitable no pensar en mejorar la gestión de mantenimiento en los equipos de manufactura, esto originó enfocarnos en un Mantenimiento Productivo Total (TPM) en donde participarán todos los empleados.

Conceptualmente las definiciones teóricas de mantenimiento, calidad y administración están relacionadas con la gestión de mantenimiento teniendo como objetivo, como todas las áreas, eficiencia y eficacia del proceso. Esta investigación se realizó con los sustentos científicos necesarios y bases teóricas que permitirán implementar herramientas de crecimiento empresarial

Los resultados de esta investigación se emplearán como una solución que ayudará a mejorar la eficiencia y en consecuencia los ingresos, y demostraremos que implementando el Mantenimiento Productivo Total (TPM) aumentará el nivel de desempeño del proceso y los operarios.

b. Justificación Metodológica

Hernandez Fernandez y Baptista (2014), señala que “Un estudio se justifica metodológicamente cuando se crea un nuevo instrumento para recolectar o analizar datos, o se plantea una nueva metodología que incluya otras formas de experimentar una o más variables, o estudiar de forma más adecuada a determinada población” (p.40).

En nuestra investigación se levantó información cualitativa y cuantitativa para poder determinar los problemas más frecuentes dentro del área de mantenimiento de la empresa Grupo ReyPlast que de acuerdo a lo indicado en el libro Japan Institute of Plant Maintenance(JIPM), menciona que el Mantenimiento Productivo total se enfoca como prioridad en reducir las pérdidas de producción por paradas de los equipos no programadas, de esta manera podemos entender que para poder mantener las máquinas activas se tendrá que aplicar la herramienta TPM evaluando reportes de los problemas específicos como las averías presentadas semanalmente, los fallos y los accidentes presentados en el área, estos son las situaciones negativas que tienen mayor probabilidad de que generen deficiencia a la empresa.

La herramienta TPM permitirá abrir variables que nos ayuden a detectar las causas raíz del problema y ejecutar programas o sistemas que sean de apoyo

aplicativo con secuencia de pasos que nos permitan llegar a mejorar el problema.

c. Justificación Práctica

Bernal (2010), menciona que “Un estudio cuenta con justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o al menos propone estrategias que al ponerse en práctica contribuirán a su solución. Además, los trabajos de investigación de pregrado son generalmente prácticos” (p.106).

Para este estudio se decidió tomar una empresa del sector plásticos, los cuales utilizan en cada proceso un equipo inyector los cuales presentan eventualmente averías que a su vez originan fallas en los procesos; además también se observó incidentes eventuales en la línea inyectora. Al implementar las herramientas principales como el TMP y un análisis de avería, para los principales problemas se mejorará la eficiencia y por ende mayor productividad.

Al finalizar esta investigación, la organización tendrá una propuesta de mejora para el proceso de la línea inyectora, que incluyen métodos, manuales, reportes y sobre todo compromiso de personal, que ayuden a reducir las constantes averías de las máquinas y las fallas de los procesos. Además de normas, capacitaciones y advertencias continuas que permitan mejorar las condiciones laborales de los operarios y eviten los accidentes dentro de su área de trabajo. Los indicadores que tomamos como referencia son los de eficiencia y las de medición de tiempos reparación

$$OEE = D \times E \times C$$

$$MTTR = \frac{\textit{Tiempo de mantenimiento por reparaciones}}{\textit{Número de averías}}$$

#### d. Justificación Económica

Baena (2017), considera que “Una investigación debe justificar si podrá recuperarse el dinero que se invierte durante su proceso” (p.59).

La empresa se verá beneficiada económicamente, porque al reducir el número de averías de las máquinas principales y mitigando las fallas en el proceso, permitirá que no haya más paros de producción y esto brindará mayor número de productos al mercado.

Con respecto a la problemática del número de incidentes, también se beneficiará porque el indicador horas-hombre no se verá afectado si se reduce el número de descanso médicos por accidentes laborales.

Los métodos que estamos proponiendo, no generan egresos en la empresa pues son procedimientos sistemáticos que pueden afectar en tiempo invertido en los procesos mientras nos adaptamos a la nueva metodología. De esta manera, también demostramos que implementando estos sistemas solo obtendremos ingresos y mejoras.

#### e. Justificación Social

Arias, (2012), menciona que “Toda investigación debe tener cierta relevancia social, logrando ser trascendente para la sociedad y denotando alcance o proyección social” (p.105). Con esta investigación lograremos llegar a cumplir las misiones y visiones establecidas por la empresa, y esto impulsará a tener mayor éxito y crecimiento.

La herramienta TPM junto con los métodos y actividades básicas que se ejecutarán, permiten crear ambientes de trabajo seguros y productivos, esto optimiza la relación entre el personal y las máquinas que utilizan, ya que pueden observar que es mucho más productiva su labor sin percances que lo puedan perjudicar.



La empresa ReyPlast mensualmente evalúan las misiones establecidas en su reglamento, con esta propuesta podrá evidenciar mayor eficiencia y con esa base puede negociar buenas relaciones con grandes potencias para poder tenerlos como clientes.

f. Justificación Legal

Como justificación legal para esta investigación, nos centraremos en la problemática de accidentes e incidentes laborales, puesto que al reducir los mismos gracias a nuestro análisis, estaremos respetando y cumpliendo con la Ley 29783 ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su Reglamento el DS 005-2012-TR.

De acuerdo al Art.42 de la norma, se debe analizar y emitir informes de los accidentes, incidentes y enfermedades ocupacionales ocurridos en el ambiente laboral, es con esos registros que trabajaremos para poder obtener el número de incidentes y determinar los causantes que por lo que ya tenemos informado es por la calidad en la que se trabaja cada proceso, así podremos implementar una herramienta que contenga una serie de pasos para poder laborar de manera eficaz, esta información tiene que ser brindada a todos los operarios y sus gerencias mediante capacitaciones y evaluaciones.

g. Justificación Ecológica

En los últimos años, el sector de plásticos ha sido muy cuestionado por los recursos que se utilizan para producir o los mismos productos que se están desarrollando, y que pueden afectar al medio ambiente. Por eso debemos las inspecciones a la planta es continua, es por eso que el proceso no se puede ver afectado por residuos despilfarrados en el área, falta de limpieza que significa que no se realizan las inspecciones adecuadas.

En nuestra investigación, la empresa se ve afectada ecológicamente porque en las fallas de los procesos se producen muchas veces por los residuos que

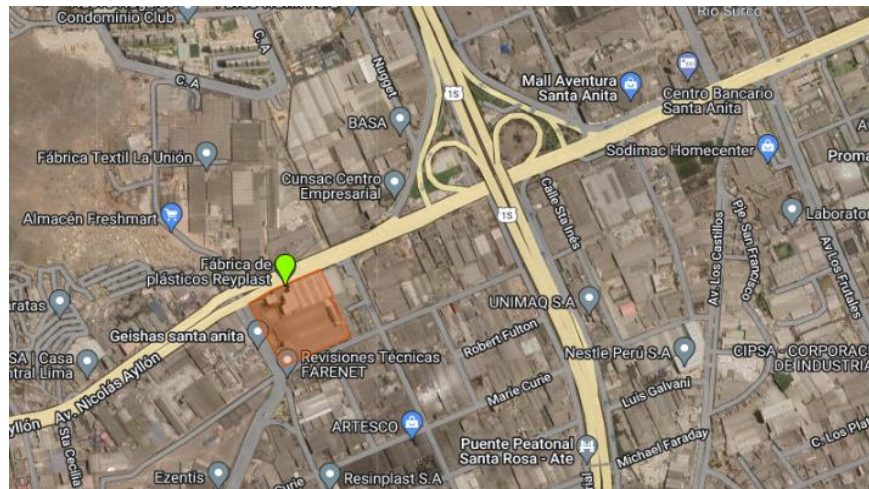
se desprenden del equipo cuando está averiado y ésta sustancia puede ser infecciosa para el ambiente laboral. Reducir los fallos con un método de limpieza e inspección es la solución que queremos brindar a esa problemática.

La lubricación de la línea inyectora es un riesgo a la integridad del personal de alta probabilidad, que se produce por las averías que se generan en la máquina, por ello no solo podemos esperar ser revisados por el área de ssoma sino también integrar un proceso que certifique la calidad del trabajo que se está realizando.

#### 1.4. Delimitación del estudio

- Delimitación espacial

La aplicación del presente trabajo de investigación se realizará en la empresa ReyPlast S.A.C., ubicada en el departamento de Lima, provincia de Lima, en Av. Nicolás Ayllón 2480 - Ate 15022.



*Figura 6. Ubicación geográfica*

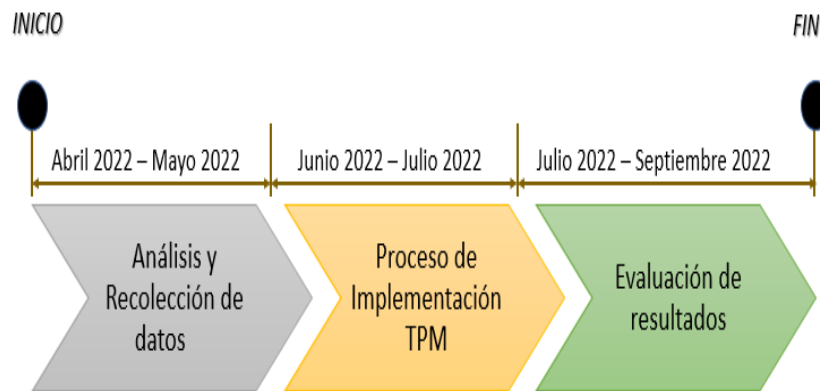
Fuente: Elaboración propia

La figura 6 muestra la ubicación de la empresa en un punto de vista del observador de 200 metros; asimismo, se consideró la visibilidad en tipo satelital para una mejor apreciación.

- Delimitación temporal

La presente investigación comprende la identificación de la problemática y la recolección de información entre los meses de abril y mayo, la implementación

de la metodología TPM en el periodo de junio a julio, y la evaluación de resultados de julio a setiembre del 2022 (Ver figura 7).



*Figura 7. Delimitación temporal*  
Fuente: Elaboración propia

- Delimitación teórica

Este estudio se centra en el área de mantenimiento, específicamente para la zona de producción de la línea inyectora de la planta 3 de la empresa Grupo Reyplast, el cual se dedica a la producción, comercialización y distribución de productos plásticos; al cual se aplicó la herramienta TPM y los métodos que abarcan esta herramienta.

- Delimitación temática

La presente investigación se enfoca en la mejora de la eficiencia de la línea inyectora de la planta 3, implementando herramientas del TPM como solución para un correcto análisis de averías, identificación y solución de fallas en el proceso, y reducción de accidentes e incidentes laborales dentro de las zonas de trabajo debido a las condiciones inseguras que se encuentran expuestos los trabajadores.

## 1.5. Objetivos generales y específicos

### 1.5.1. Objetivo general

Implementar la herramienta TPM para mejorar la eficiencia en la línea inyectora de la planta 3.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- a) Implementar un Análisis PM para reducir el número de averías en la línea inyectora de la planta 3.
- b) Implementar CIL Standar para reducir las fallas en los procesos de la línea inyectora de la planta 3.
- c) Implementar CAP Do para reducir los incidentes de la línea inyectora de la planta 3.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco histórico

Gonzáles (2017) señala que:

Hasta 1914, el mantenimiento tenía una importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción. La Primera Guerra Mundial y la implantación de la producción en serie por la compañía fabricante de vehículos Ford Motor Company ocasionó que las fábricas empezaran a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, surgió la necesidad de formar equipos que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible. Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento: el hoy denominado mantenimiento correctivo. (p. 20)

Año	Descripción
1780	Mantenimiento correctivo
1798	Uso de partes intercambiables
1903	Producción industrial masiva
1910	Cuadrillas de mantenimiento correctivo
1914	Mantenimiento preventivo
1931	Control de calidad del producto manufacturado
1950	Control estadístico de calidad
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad
1971	Desarrollo del mantenimiento productivo total
1995	Desarrollo del proceso de las 5 S
2005	Surgimiento de la filosofía de conservación industrial

*Figura 8. Historia y evolución del mantenimiento*

Fuente: Gonzales A. 2017

La figura 8 se muestra una cronología de la evolución del mantenimiento, desde la implementación del mantenimiento correctivo en 1780, hasta el año 2005, que surgió la filosofía de conservación industrial.

Lefcovich (2009) afirmó lo siguiente:

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. (p.4)

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 mal funcionamiento de las operaciones en un equipo.
- (p.04)

Mientras las industrias de proceso avanzaban en el mantenimiento preventivo y productivo, las industrias de manufactura y ensamble invertían en nuevos equipos esforzándose en ser menos intensivas en mano de obra. Los equipos utilizados por estas industrias se han estado automatizando y sofisticando cada vez más, y Japón es ahora un líder mundial en el uso de robots industriales. Esta tendencia hacia la automatización, combinada con la producción «*just-in-time*», estimuló el interés en mejorar la gestión del mantenimiento en las industrias de manufactura y ensamble. Esto dio origen a un enfoque exclusivamente japonés denominado mantenimiento productivo total (TPM), una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados. (Suzuki, 1992, p.19)

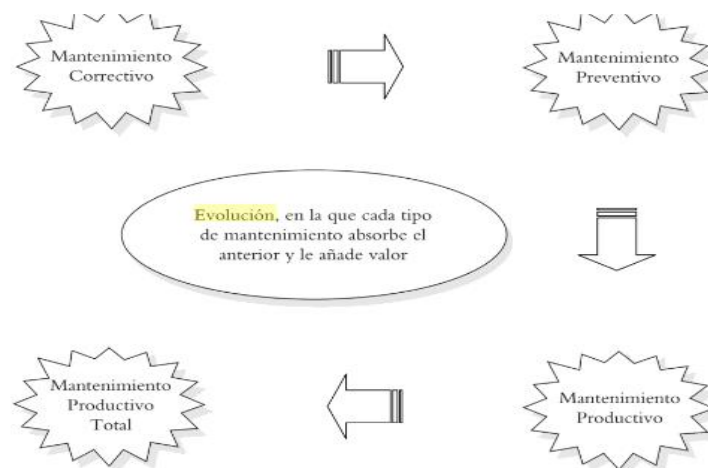
El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y rápidamente pasó a formar parte de la cultura corporativa de empresas tales como Toyota, Nissan, y Mazda, y de sus suministradores y filiales. Se ha introducido también posteriormente en otras industrias tales como electrodomésticos, microelectrónica, máquinas herramientas, plásticos, fotografía, etc.

También las industrias de proceso, partiendo de sus experiencias de mantenimiento preventivo, han empezado a implantar el TPM. En los últimos años, han estado incorporando el TPM un creciente número de plantas de procesos de industrias de la



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. La tendencia actual a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar al unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y coste de la producción e involucra a la empresa en el TPM juntamente con el TQM. (p. 04)

De esta manera, actualmente el concepto TPM adapta el concepto de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento a la gestión de equipos, es decir ya no solo será Mantenimiento Productivo, sino se denominará Mantenimiento Productivo total que teniendo como principal integrante al Mantenimiento Autónomo se logrará conseguir el equilibrio total de las tareas de mantenimiento en donde participan el personal propio del área de mantenimiento y los operarios de producción. (Cuatrecases, Ll. y Torrel, F. 2010. p.29)



*Figura 10. Evolución de la gestión del mantenimiento*

Fuente: TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva

En la figura 10 se observa la evolución que se dio al concepto del mantenimiento para llegar a la definición de Mantenimiento Productivo Total.

## 2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

### 2.2.1. Investigaciones referentes nacionales

- a. Cáceres y Gámez (2019). En su tesis titulada “Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de



granallado, empresa JCB estructuras S.A.C”; para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial evaluada en la Universidad Ricardo Palma, aplican la metodología TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado.

Se tomó como referencia esta tesis, porque tienen el mismo nivel que esta investigación es descriptiva - experimental, es decir que se estudian las causas y efectos de las variables del proyecto, así como también usaron una de las técnicas de investigación que nosotros también usamos la de la observación directa de las actividades de la planta, en nuestro caso de la línea inyectora. Los objetivos que se plantearon fue mejorar la productividad, eficiencia y eficacia en el proceso de granallado que es lo que también buscamos como objetivo nosotros mejorar la eficiencia con la implementación de la herramienta TPM.

Las conclusiones que llegaron con la implementación de la herramienta TPM son:

1. Lograron crear un plan de mantenimiento preventivo para la máquina granalladora y estandarización de procedimientos y de esa manera mejoraron la productividad cerca 84.90%, de igual forma nuestra investigación busca establecer procedimientos.
  2. El mantenimiento preventivo logra disminuir las averías y tiempo de reparación de su equipo principal que es la granalladora, de esta manera la eficiencia de este proceso logró ascender a 90.07%
  3. Con la estandarización de procedimientos en la gestión de mantenimiento y la capacitación que brindaron a los operarios logró mejorar la eficacia en un 93.31%.
- b. En la tesis titulada “Implementación de un plan de Mantenimiento Autónomo de Máquina Papelera, a fin de incrementar la productividad”, para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial sustentada en la Universidad Inca Garcilaso de la Vega, ubicada en el distrito de Lima, Perú. Magallanes (2019)

La problemática general es la cantidad de interrupciones que se tiene en el proceso de fabricación de papel debido a la falta de mantenimiento desde la etapa de formación de la hoja hasta el proceso final de enrollado y secado del papel, teniendo casi el 15% de rechazo por parte del área de calidad.

Se realizó un diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz del problema, y se diagnosticó lo siguiente:

- No realizan adecuados mantenimientos e inspecciones, debido a que no se toman medidas de limpieza, lubricación, ajustes, de los equipos que se utilizan para los procesos. Falta de capacitación al personal operativo, respecto a temas de mantenimiento autónomo e inspección, para el logro de una adecuada eficiencia de máquina.
- Falta de capacitación del personal de los conceptos del mantenimiento autónomo e inspección, falta de seguimiento y conocimiento de las causas de las paradas de las máquinas, por eso no podemos diagnosticar el problema.
- Inadecuada limpieza y lubricación de los equipos que componen el sistema de formación de hoja, pues la presencia de contaminantes en las telas formadoras ocasiona que se presenten problemas de calidad en los productos.

Las conclusiones y resultados que se obtuvieron de la implementación del mantenimiento autónomo, que tienen relación con nuestros objetivos son:

- Disminución en un 50% del porcentaje de paradas de máquina para los meses entre junio y agosto del 2018.
- Incremento de la eficiencia de activo, a un 45% en el mes de agosto del año 2018

- Mejora de los demás indicadores de producción tales como el % de velocidad, OEE, RMO, RMP, % de rechazo.

Decidimos tener como referencia esta tesis, porque utiliza los mismos diagramas para descifrar los motivos por los cuales se originan las fallas en los procesos y las paradas en las máquinas, como el diagrama Ishikawa y se centran en implementar el principal pilar de la herramienta TPM que es la que nosotros buscamos.

- c. “Aplicación del mantenimiento productivo total para incrementar la productividad en la línea de producción en la empresa MGO S.A.C”, Sunción (2017) ) fue la tesis evaluada en la Universidad César Vallejo para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial en la ciudad de Lima, en donde argumentan cómo aplicar el TPM puede mejorar la eficiencia.

Uno de los objetivos específicos de esta tesis era determinar en qué medida incrementa la eficiencia si implementan el Mantenimiento productivo total (TPM) en una empresa ubicada en Callao, como ya se menciona en el título de nuestra investigación, nosotros buscamos mejorar la eficiencia en la línea inyectora de nuestra planta. Nos brindan una opción de cómo implementar el TPM; ellos lo separaron en 3 etapas, en la primera decidieron poner en práctica el Mantenimiento Preventivo o Planificado; para la segunda, aplicaron los pilares capacitación del personal, mantenimiento autónomo y mantenimiento de la calidad, y por último en la tercera etapa ejecutaron los pilares que enfocan a las áreas colindantes al de mantenimiento como el de administrativa, seguridad.

Cumplió con el total de objetivos que tenían planteado para el estudio, pero sobre todo concluyeron que la eficiencia de la productividad paso de 0.88 a 0.95, mejorando en un total de 0.06 en eficiencia.

- d. Vargas, F. (2020) para optar el grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial, desarrollo en su tesis denominada “Impacto del mantenimiento autónomo en la eficiencia general de una línea de producción de

lavavajillas”, presentada en la Universidad de Ingeniería y Tecnología - Lima. En esta investigación el objetivo es demostrar cómo puede aumentar el porcentaje de eficiencia, realizando una comparación de datos estadísticos antes y después de la implementación de la herramienta TPM.

En la investigación ellos aplicaron los pilares del Mantenimiento productivo total y lo dividieron en pasos para poder integrarlos en el proceso de la línea de producción de lavavajillas, para nuestro estudio se tomó como referencia para nuestra búsqueda de información el proceso en donde se enfocaron en los 7 pasos del pilar Mantenimiento Autónomo que en su conceptualización indica que uno de los pasos que se debe realizar es la estandarización de limpieza, inspección y lubricación.

Previo a esto, se aplicaron 2 pasos anteriores el de limpieza inicial y la eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso, lo que se requiere inculcar con la estandarización es que se pueda combatir con las fuentes de contaminación y los lugares de difícil acceso que se alcanzaron en los anteriores pasos así mejorarán la confiabilidad y mantenibilidad de los equipos

Se menciona que los estándares deben ser fijados por las personas que los tendrán que seguir, o sea, los operadores mismos deben generarlos, pues son ellos quienes tienen contacto directo con el equipo y el proceso diariamente. Los miembros del mantenimiento autónomo tienen el deber de orientarlos explicando los conceptos que se utilizarán como por ejemplo : deben explicar con claridad la importancia de seguir el estándar, deben capacitar y desarrollar las habilidades para la fijación de estándares utilizando las 5W y 1H (quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo), y por último deben entregar la responsabilidad a los operadores para que hagan el seguimiento de fijar dichos estándares, de esta manera se está sosteniendo las condiciones básicas de los equipos.

Ellos decidieron implementar el estándar CIL, tomando como datos del reporte que se obtuvo del RLS (siglas en inglés de Run Line to Standard)

y consiste en un paro de 30-60 minutos aproximadamente en donde el personal de la línea se encarga de limpiar los equipos y eliminar la contaminación acumulada natural del proceso de producción.

Al medir los resultados de los análisis de la eficiencia general se pudo concluir que llevar a condiciones básicas los equipos tienen un impacto positivo en el rendimiento y la estabilidad del proceso de manufactura. El programa de Mantenimiento Autónomo logró incrementar la magnitud de esta medida en 1.8% y reducir su variación en 3.1% en el corto plazo.

- e. Reaño (2019), En su investigación de tesis nombrada “Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad en una empresa reprocesadora de subproductos de arroz para minimizar el número de averías”, presentada para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial presentada en la Universidad Tecnológica del Perú.

El principal objetivo de este estudio es reducir el número de averías implantando un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad; la reducción de averías es uno de nuestros objetivos específicos por eso tomaremos como referencia el método propuesto por ellos para estudiarlo y analizarlo si podemos incluirlo en nuestro proyecto de tesis.

Realizó una recopilación de los datos proporcionados por la empresa generadas en la operación y en el mantenimiento del equipo de producción, esta fue ordenada y procesada en información, con estos datos se generó un análisis de criticidad la cual permitió identificar las máquinas críticas del sistema productivo, para luego pasar a determinar los fallos funcionales es decir la causa de las averías la técnica que se utilizó es el Análisis modal de fallas y efectos (AMFE).

El Análisis modal de fallas y efectos se aplicará a un determinado equipo principal de producción, en este caso a una máquina procesadora, en ella se colocará la descripción exacta de los repuestos que contiene la máquina, explicaremos su principal función y mencionaremos que falla es recurrente

para cada elemento, analizaremos qué modo de falla presenta es decir que características como daño tiene y cuál es el efecto y consecuencia negativa que origina la falla, para por último señalar que tipo de control se utilizará para el análisis.

Luego de generar el análisis de modos y efectos de fallo identificando las averías y fallas de cada máquina, a través de un cuadro de decisiones de RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad) se optó por aplicar los diversos tipos de mantenimiento.

Lograron resultados como la reducción del número de averías, inicialmente era de 42, tras aplicar RCM estas se redujeron en 14 de estas, lo que significó que se redujeron en 67%, refleja una gran mejora en el sistema productivo.

#### 2.2.2. Investigaciones referentes internacionales

- a. En la investigación para obtener el título profesional, Rocha (2017) detalló en “Propuesta e implementación del programa TPM - HPS como herramienta de mejoramiento en las líneas de envase sachet de la empresa Henkel Colombiana S.A.S - Planta Bogotá”, presentada en la Universidad Distrital Francisco José De Caldas ubicada en la ciudad de Bogotá, Colombia.

El principal objetivo de este estudio es implementar los pilares básicos de la metodología Total Mantenimiento Productivo (TPM), con el fin de mejorar el comportamiento de los indicadores de gestión del área de sachet y corregir las causales de parada que actualmente afectan el proceso. La metodología que emplearon para el planteamiento y estructura del TPM, consistió en dividir el trabajo en etapas y en cada una de ellas se irá implementando los pilares del TPM.

Se tomó como referencia para nuestra investigación a esta tesis, porque explica con fundamentos experimentales las mejoras que genera la

implementación del pilar esencial de la herramienta TPM, el Mantenimiento Autónomo, cuyo objetivo según Sanchez,D. (2015) es “alcanzar gradualmente el indicador de cero fallas en los equipos del área, a través del perfecto conocimiento y manipulación de los mismos por parte de los todos los colaboradores, la revisión del deterioro, la creación de un sistema de información de capacitación y entrenamiento con el cual se logran alimentar las rutinas de mantenimiento preventivo y autónomo”; al igual que nosotros que una vez establecido las herramientas y métodos que estamos proponiendo se brindará capacitaciones al personal involucrado en la línea inyectora para que tengan lo conocimientos básicos y se sientan comprometidos con la mejora.

- b. Castaño y Cardona (2019) para obtener el título profesional en su tesis “Aplicación de los pasos I y II del plan de mantenimiento autónomo basado en el mantenimiento productivo total para el grupo Santa María por la empresa EAT SERTA”, presentada en la Universidad de Antioquia ubicada en Medellín- Colombia

El principal objetivo de este estudio es planificar el mantenimiento autónomo pasos I y II de la metodología “Mantenimiento Productivo Total” (TPM), buscando mejorar la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad en los equipos que son utilizados como prioridad en la empresa, de esta manera mejorará las condiciones de limpieza, eliminará las causas de la contaminación y permitirá acceder a las zonas que no son accesibles a la manipulación por parte del operario.

Como es de conocimiento, el ciclo CAP Do está conformada por 7 pasos de los cuales, para esta investigación, se han tomado los dos primeros pasos:

- Paso I: Realizar la limpieza inicial.

El primer paso indica que se debe identificar y resolver rápidamente los problemas encontrados en el curso de una limpieza profunda, para luego proceder a la eliminación de la suciedad, de esta manera se podrá corregir

las pequeñas deficiencias y se podrán descubrir los puntos peligrosos y se evitarán accidentes.

- Paso II: Eliminar las fuentes de contaminación y mejorar los puntos inaccesibles.

Para este paso involucra al operario que maneja el equipo para que pueda brindar mejoras a los problemas frecuentes que presenta el equipo y puedan también mejorar el acceso a sitios difíciles para la limpieza, eliminación de zonas donde se deposita con facilidad la suciedad y se mejora la observación de los instrumentos de control.

Una de las consecuencias que más se asemeja a nuestros objetivos es que para esta problemática los resultados son que lograron obtener un indicador de disponibilidad y confiabilidad por encima del 90%, porcentaje que nosotros buscamos mejorar en la eficiencia. Seleccionamos este proyecto, nos pudimos asesorar mejor sobre el concepto de la metodología CAP Do, como implementarlo y la relación directa que tiene con el proceso de sensibilización que lo toma como el principal factor para que se aplique con éxito el método CAP Do.

- c. Marchetti (2017). En su investigación para optar por el grado académico de Magister en dirección de negocios, denominada “Reducción de principales pérdidas organizacionales en una empresa manufacturera” que fue sustentada en la Universidad Nacional de Córdoba en España.

El objetivo general de esta tesis, fue identificar y reducir las principales pérdidas en una planta del negocio golosinas del Grupo ARCOR, este objetivo se relaciona con el nuestro estudio debido a que ambos buscan mejorar la eficiencia aplicando la herramienta de Análisis P-M.

Una de nuestras problemáticas específicas fue reducir el número de averías para lo cual la solución que brindaron fue tomar datos de la estrategia de investigación de recolección de datos históricos de todo el proceso y de actividades detalladas de todo el personal. Para poder reducir las averías,



tenemos que identificar las causas de las averías, en esta tesis indican que en todo proceso productivo existen pérdidas, las cuales pueden convertirse en oportunidades de mejora, ya que todas las pérdidas pueden ser erradicadas. Para poder erradicar pérdidas, en primer lugar, deben ser identificadas.

Como resultado, el OEE era de 77,66 % (valor acumulado anual 2016); hoy después de las acciones que se llevaron a cabo, el OEE acumulado a septiembre 2017 es de: 83,21 % (se incrementó en 5.55 puntos)

- d. Serna (2020) para obtener el título profesional en su tesis “Implementación de la metodología y puesta en marcha del plan de lubricación en el Grupo SI” para obtener el título de Ingeniero Mecánico, elaborado en la Universidad de Antioquia, ubicado en Medellín - Colombia.

Se tomó como referencia a esta tesis porque también se enfoca en implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa del sector industrial de plásticos, teniendo como principal proceso de producción a la línea inyectora.

El método que esta investigación implanta para cumplir sus objetivos de un buen uso de la herramienta TPM, es crear planes maestros divididos según los objetivos principales, en nuestro caso para comparar la similitud con los objetivos planteados en nuestro estudio, nos fijamos en el plan maestro de lubricación que generaron para la limpieza de los equipos inyectoras.

El plan de maestro de lubricación es un esquema en donde mencionan las actividades que se realizarán para implantar el proceso de lubricación sobre el equipo a estudiar y los objetivos que buscamos ejecutando la actividad, en un periodo de tiempo determinado en semanas; de esta manera podremos calcular el tiempo que tarda en realizar el mantenimiento y saber cuál es el número de fallas en el proceso y el tiempo que tardamos en gestionar ese cronograma y si lo cumplimos.

Los resultados son más cualitativos que cuantitativos, para los coordinadores de áreas están con la tranquilidad que al utilizar las herramientas del TPM, el personal operativo no tendrá mayor probabilidad de riesgo de accidentes, los equipos reducirán los fallos que se presenten y tendrán mejores condiciones laborales.

- e. Para obtener el grado académico de bachiller, en su tesis “Propuesta de un diseño de un plan de mantenimiento preventivo total (TPM) en una línea de producción de envases plásticos en la empresa Senco S.A.” Negrete (2020), sustentada en la Universidad Estatal de Guayaquil - Ecuador; sostiene que implementar la herramienta TPM a los procesos de producción de la línea de inyección de la empresa mejorará de manera radical la baja productividad que está presentando la empresa.

El método que se emplea es la clasificación y cuantificación de las 6 grandes pérdidas de la herramienta TPM, una vez esté evaluado y diseñado el plan de mantenimiento se obtendrá cero averías, cero defectos y cero accidentes. La fórmula para cuantificar y calcular esas 6 pérdidas es medir el EGE (Eficiencia global del equipo) que es el objetivo del TPM y se halla multiplicando la eficiencia por el rendimiento y la tasa de calidad, todos en porcentajes, de esta manera averiguaremos en qué punto se genera más pérdidas.

Tener como referente a esta tesis, nos ayudará a poder determinar un método para poder realizar la toma de datos, así como también tener como ejemplo la manera en cómo ellos implementaron el TPM en una empresa de sector plástico al igual que la nuestra y enfocándose en el mantenimiento de la misma máquina que se utiliza para la producción en este rubro, que es la máquina inyectora.

### 2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

- Mantenimiento:

El mantenimiento aparece como un conjunto de acciones con los siguientes propósitos: (a.) aumentar el buen funcionamiento de las instalaciones, (b.) reducir costos, (c.) prolongar la vida útil de los equipos, (d.) contribuir a mejorar la calidad, (e.) mejorar la seguridad del personal, (f.) contribuir al medio ambiente y (g.) evitar toda pérdidas,

Bajo estos aspectos, Mantenimiento no sólo repara las averías que se producen, sino que interviene y tiene un papel importante en el desarrollo de la industria. (Boero, 2020, p. 11)

Díaz (2010) establece que los objetivos primordiales del mantenimiento son: (a.) Incrementar la disponibilidad del equipo hasta un nivel aceptable, (b.) Mantener costos mínimos compatibles con el nivel requerido de disponibilidad, (c.) Incrementar la confiabilidad en las instalaciones y máquinas, (d.) Asistir al departamento de ingeniería en proyectos nuevos para garantizar el mantenimiento de las posibles nuevas instalaciones. (p. 25)



*Figura 11. Niveles y tipos de mantenimiento*  
Fuente: Técnicas de mantenimiento Industrial 2da edic. (2010)

La figura 11 muestra los niveles y tipos de mantenimiento, cabe precisar que, la empresa cuenta con ambos programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

- Herramienta Total Productive Maintenance (TPM)

El mantenimiento productivo total es definido por Sanchez (2007) como “Sistema de gerencia de mantenimiento que busca la mejora continua de la maquinaria y el logro del 100% de eficiencia del proceso de producción involucrando a todo el personal de la empresa” es decir, involucra a todos los procesos que intervienen de manera directa e indirecta, generando una nueva ideología.

El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total, Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde el diseño hasta la corrección, y la prevención. (Cuatrecasas, 2010, p. 33)

Por otro lado, Boero (2020) menciona que la técnica del Mantenimiento Total Productivo se fundamenta en que el mantenimiento sea total y productivo en el sentido que las acciones sobre las instalaciones se concretan en una mejor productividad de toda la empresa. Debe ser total en la integración de los distintos sectores de la compañía. (p. 82)

El presente trabajo de investigación contará con el involucramiento total de las áreas que tienen influencia directa e indirecta, priorizando como objetivo la integración de los procesos.

- Principios del TPM

“El TPM está orientado en 3 principios: principio preventivo, principio cero defectos y participación de todos”, afirma Sanchez (2007)

El principio Preventivo implica implementar todos los programas y buscar los recursos necesarios para prevenir que: (a.) los equipos fallen, (b.) que oculten problemas, (c.) que se presenten pérdidas de cualquier tipo, (d.) que se presenten accidentes y (e.) que se presenten defectos de calidad.

El principio cero defectos implica implementar todos los programas y buscar los recursos necesarios para lograr: (a.) cero defectos - 100 % productos de calidad,

(b.) cero paradas de equipos - cero paradas no planeadas, (c.) cero incidentes, cero accidentes y (d). cero desperdicios - Ningún retrabajo, ninguna pérdida de tiempo.

¡Participación de todos implica involucrar a todo el personal! de la empresa en las múltiples tareas que se derivan de los programas de T.P.M. (p. 18 - 19)

- **Objetivos del TPM**

Para Lefcovich (2009) los objetivos más fundamentales son: (a.) Reducción de averías en los equipos, (b.) Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos, (c.) Utilización eficaz de los equipos existentes, (d.) Control de la precisión de las herramientas y equipos, (e.) Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos y (f.) Formación y entrenamiento del personal.

- **Confiabilidad**

Confiabilidad es el grado en que su aplicación, repetida al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados, y se determina mediante diversas técnicas; validez es el grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir (Hernández, Fernández y Baptista, 1997, págs. 242-243)

- **Análisis de averías**

Ros (2013) en su artículo “Análisis de averías”, sustenta que un análisis de averías es un conjunto de actividades de investigación con las cuales podemos identificar las causas de las averías y poder definir una solución o método que nos permita eliminarlas.

Para el análisis de averías es necesario implementar una herramienta que nos ayude a determinar con facilidad las causas de averías, tales como: Lista de chequeos, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa.

- **Lista de Chequeo**

Eda (2013) sustenta que:

Es una forma de registrar la información en el momento en que se está recabando. Esta puede consistir como una tabla o gráfica donde se registre, analice y presente resultados de una manera sencilla y directa. Tiene las siguientes finalidades:

(a.) Proporcionar un medio para registrar de manera eficiente los datos que servirán de base para subsecuentes análisis (b.) Proporcionar registros históricos, que ayudan a percibir los cambios en el tiempo (c.) Facilitar el inicio del pensamiento estadístico (d.) Ayudar traducir las opiniones en hechos y datos (e.) Confirmar las normas establecidas. (p.24)

- Diagrama de Pareto

Stachú (2009) indica que el diagrama de Pareto es:

Una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera: 1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total. 2. Reordenar los elementos de mayor a menor. 3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada. 4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades). 5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos). 6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes). 7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento. 8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado. 9. Analizar el diagrama localizando el “Punto de inflexión” en ese último gráfico (p.4).

- Diagrama de Ishikawa

Para Stachú (2009) define al diagrama de Ishikawa como:

Causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Los Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como

en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera: 1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema. 2. Trazar una flecha y escribir el “efecto” del lado derecho. 3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal. 4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias. 5. Asignar la importancia de cada factor. 6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M’s). 7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema. 8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad. (p.4 -6).

Para D´Gamero (2009) el objetivo del diagrama de Ishikawa es:

Reflejar organizadamente las posibles fuentes de errores o problemas, así como también los buenos efectos. Las reglas de este diagrama son: 1. Causa probable: se considera todo aquello que genere un determinado efecto. 2. Problema: es aquel efecto que se constituye en un elemento mensurable. Una vez que, en un problema importante, ha sido localizado dónde, cuándo y bajo qué circunstancias ocurre, ya sea por medio de un análisis directo o aplicado un método como el diagrama de Pareto, entonces es el momento de localizar la causa fundamental del mismo. Para ello, una vez que el problema ha sido aislado, en ocasiones resulta obvio cuál es la causa, pero en 28 caso de no serlo, entonces es el momento de analizar todas las causas potenciales del problema, y para ello se puede utilizar el Diagrama de Ishikawa.

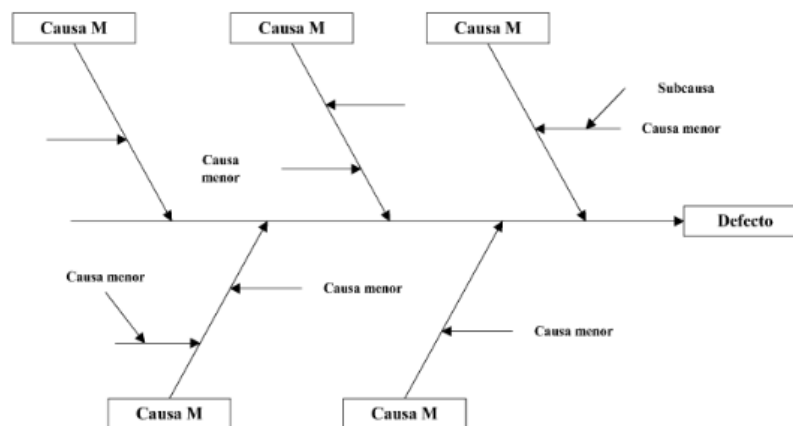


Figura 12. Formato Diagrama Ishikawa  
Fuente: Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa

La figura 12 muestra un formato de diagrama de Ishikawa a utilizar en el presente trabajo de investigación; cabe mencionar que los puntos de causas varían según el tipo de defecto y/o efecto detectado.

- Averías

Para Boero (2020) una avería se define como: “el deterioro o desperfecto en cualquier órgano o elemento de un equipo que impide el funcionamiento normal de éste”

- Definición de Eficiencia Global de Equipos (OEE)

Para Rodriguez (2019): “la Efectividad Global de Equipo corresponde a un indicador encargado de medir la eficiencia productiva global con la que una máquina, proceso, línea o planta está trabajando, asimismo, el seguimiento y control de este indicador sirve para lograr la mejora continua en un proceso” (p.12).

Por otro lado, Llontop (2018) señala que:

El TPM permite mejorar la eficiencia con la que operan los equipos e instalaciones productivas y como resultado de ello puede aumentar considerablemente la eficiencia del sistema productivo. Las posibles mejoras que se efectúe a los equipos productivos y su operatividad se centran especialmente según lo señalado en las pérdidas, tanto las crónicas como las esporádicas, provocadas por causa única o múltiples, o por causas o por causas interrelacionadas.

Será conveniente definir una magnitud que englobe a otras que permitan ver aspectos relevantes de la eficiencia del equipo. Están representadas por la disponibilidad, la efectividad y calidad. Estas magnitudes se medirán por medio de coeficientes que harán referencias a los conceptos de tiempo requerido para trabajar, tiempo que realmente está operativo el equipo, tiempo que, a pesar de estar operativo, puede no estar produciendo, o bien hacerlo a una velocidad inferior a la esperada y también a la calidad. (p.62)



$$OEE = D \times E \times C$$

- Coeficiente de Disponibilidad (D): también denominado fracción del equipo que está operando dentro de la empresa.
- Efectividad (E): o nivel de funcionamiento de acuerdo con los tiempos de paro.
- Calidad (C): o fracción de la producción obtenida que cumple con los estándares de calidad.

El coeficiente de eficiencia global se obtiene, pues, por determinación de la fracción de tiempo que el equipo funciona, una vez deducidas las pérdidas derivadas de un funcionamiento incorrecto o incompleto, y deducidas también las que resultan de la obtención de productos defectuosos, tanto si deben declararse como si pueden reprocesarse. (p.63)

Asimismo, para Cuatrecasas (2010) define a la Eficiencia Global de Equipos (OEE) como: “La búsqueda de la máxima eficiencia del equipo mediante la puesta en práctica de actividades de mejora sobre cada uno de los factores que están implicados: el coeficiente de disponibilidad, el de efectividad y el de calidad” (p. 117).

- Disponibilidad

En el artículo de Grajales (2006) argumentó que la disponibilidad es el objetivo principal del mantenimiento y que se define como la confianza que se le da a un equipo o sistema después de pasar por un proceso de mantenimiento y pueda funcionar correctamente por un tiempo establecido. Se calcula en porcentajes, midiendo el tiempo que tarda para poder estar operativo.

La disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente; es decir, podemos calcularlo con la relación entre el tiempo que el equipo esté operativo (TMEF) y el tiempo total de reparación (TMPR), y se obtendrá la siguiente fórmula:

*Disponibilidad (D)*

$$= \frac{\Sigma \text{Tiempo disponible para producción (TMEF)}}{\Sigma \text{Tiempo disponible para producción (TMEF)} + \Sigma \text{Tiempo en matto (TMPR)}}$$

- Efectividad

El coeficiente de efectividad considera las paradas de los equipos debido a preparaciones de máquina, puestas a punto de las operaciones y verificaciones de los parámetros; además de paradas por fallos, atascos de piezas, material y las pérdidas por reducción de velocidad ocasionadas por la falta de un programa de mantenimiento apropiado. (Cáceres y Gámez, 2019, p. 35)

El coeficiente de efectividad se puede determinar con la siguiente fórmula:

$$E = \text{Tiempo operativo real ideal} / \text{Tiempo operativo}$$

También se puede expresar como:  $= OC \times OP$

Dónde:

OC = Tiempo de ciclo ideal (CI) / Tiempo de ciclo real (CR).

OP = Tiempo operativo real TOR / Tiempo operativo TO.

- Eficiencia

Para Fernández y Sanchez (1997) la eficiencia es: “Expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos” (p.63). De igual manera, Prokopenko (1989) “detalla que la eficiencia denota fabricar bienes y/o servicios de excelente calidad en menos tiempo” (p.4)

Por otro lado, López (2012) indica que la eficiencia es el factor esencial de la productividad, el cual mide el aprovechamiento o el desperdicio, su objetivo es

disminuir el desperdicio de los recursos materiales e intangibles, incluyendo el tiempo y el espacio.

- **Mantenimiento Autónomo**

“El Mantenimiento Autónomo es lograr que el operario sea capaz de hacerse cargo de su propio equipo de trabajo, llevando a cabo las actividades de limpieza, inspección y lubricación de manera habitual”. Radhi (1997).

El mantenimiento autónomo es el pilar fundamental de la herramienta TPM que tiene como objetivo principal involucrar a los operarios a que se comprometan con sus funciones básicas de mantenimiento e inspección de los equipos que manipulan, éstas funciones son tales como la limpieza, ajustes, lubricación; es así como previenen los deterioros o fallas del equipo. Los principales objetivos de este componente son:

1. Infundir habilidades para poder evaluar los problemas y crear soluciones para desarrollar el trabajo utilizando los equipos para que la enseñanza no solo sea teórica, sino también práctica.
2. Evitar deterioros operando de manera correcta y cumpliendo con los estándares implantados.
3. Con el aporte creativo del operador se mejorará el funcionamiento del equipo.
4. Para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno, es necesario construir y mantener las condiciones necesarias

Es fundamental que el personal operativo tenga la actitud y compromiso de cumplir con las funciones adecuadas de mantenimiento, que se logrará con el tiempo mientras realiza los 7 pasos o etapas establecidos para el mantenimiento autónomo. Los primeros pasos ayudarán a evitar el deterioro del equipo restableciendo las condiciones básicas de la máquina mediante limpiezas, lubricación y regulación de repuestos constantes; estos pasos también evitarán la contaminación por los fluidos, de esta manera descartamos los elementos que causan el deterioro acelerado. Es vital contar con el compromiso e interés por parte de los operarios para que estos primeros pasos se establezcan.

Los siguientes pasos 4 y 5, es donde los responsables del área capacitan a los operarios sobre cómo realizar la inspección de sus equipos, así se reducirán averías. Por último, los pasos finales 6 y 7 es donde se refuerza el nivel que se encuentra enfocado en los operarios el mantenimiento autónomo y tener claro las actividades de mejora, estos pasos tienen como objetivo crear una empresa fuerte y comprometida. Mejía (2008).

- Análisis PM

Shirose, Kimura y Kaneda (2004) señalan que:

El análisis P-M analiza físicamente las pérdidas crónicas según los principios inherentes y las leyes naturales que las rigen. Este análisis aclara la mecánica de su aparición y las condiciones que deben controlarse para evitarlas. El principio básico del análisis P-M consiste en comprender primero -en términos físicos precisos- lo que ocurre cuando una máquina se avería o produce piezas o material defectuoso, y cómo ocurre. Sólo entonces podemos identificar y abordar todos los factores causales y eliminar así la pérdida crónica. (p.11)

Según Shirose (2004), los equipos que utilizan el análisis P-M siguen esta secuencia:

(a.) Analizar físicamente los problemas crónicos, como los defectos y los fallos, de acuerdo con los principios de funcionamiento de la máquina. (b.) Definir las condiciones esenciales o constitutivas que subyacen a los fenómenos anormales. (c.) Identificar todos los factores que contribuyen lógicamente a los fenómenos en función de las 4M: los mecanismos del equipo, los materiales, los métodos utilizados y las acciones de las personas.

Para apreciar plenamente el análisis P-M y lo que puede hacer, compárelo con el enfoque de mejora convencional. El enfoque de mejora convencional debería ser familiar para cualquiera que haya participado en actividades de mejora de la calidad. (Shirose, 2004, p.12)

	<b>Enfoque Convencional</b>	<b>P-M Analysis</b>
<b>Objetivo</b>	Reducir los defectos a 1/2 o 1/3 de su nivel actual	Reducir los defectos a cero o acercarse lo más posible
<b>Concepto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Basado en las prioridades</li> <li>*Centrarse en los factores con mayor impacto</li> <li>*Realizar medidas sólo en los factores seleccionados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*No se basa en la prioridad</li> <li>*Pensar de forma lógica; enumerar todos los posibles factores detrás de los defectos</li> <li>*Investigar todos los factores</li> <li>*Corregir todas las anomalías</li> </ul>
<b>Metodología</b>	Diagramas de causa y efecto	Análisis P-M
<b>Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Utilizar cuando la tasa de defectos es alta</li> <li>*Ayuda a eliminar las pérdidas esporádicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Uso donde la tasa de defectos es bajo</li> <li>*Ayuda a eliminar las pérdidas crónicas</li> </ul>

*Figura 13. Comparación enfoque convencional vs Análisis P-M*

Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 13, se muestra una tabla de comparativa entre el enfoque de mejora convencional y el análisis PM, en la cual consideran, objetivos, conceptos, metodologías y aplicación.

Para Shirose (2004) La teoría y el fundamento del análisis P-M como enfoque para eliminar las pérdidas crónicas. Los pasos son los siguientes.

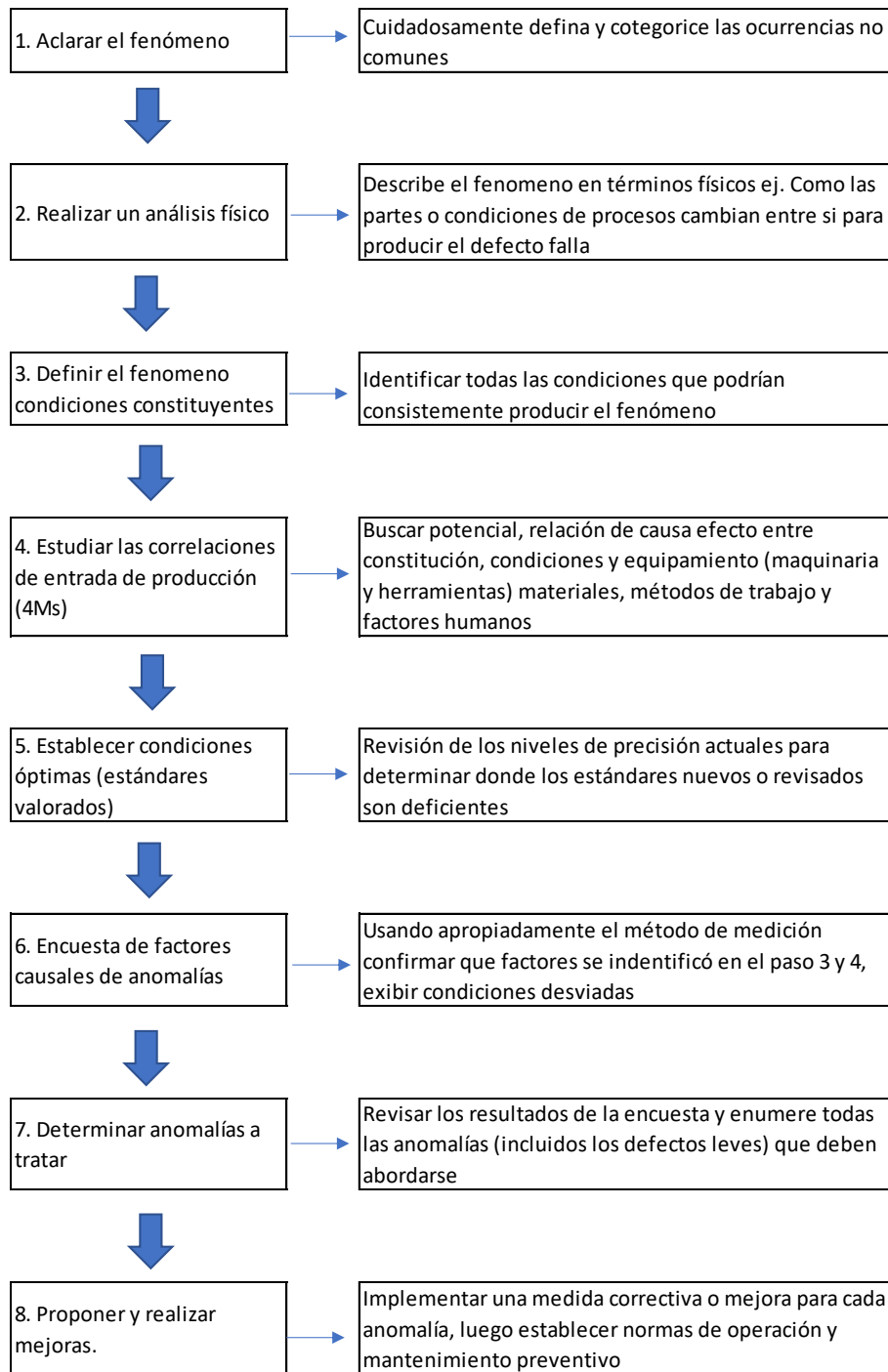


Figura 14. Pasos realizar el análisis P-M

Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

La figura 14 muestra los pasos para realizar un análisis PM de manera esquematizada, ello nos permite visualizar una secuencia organizada como ayuda al observador.

Según Kimura (2004), los pasos se definen de la siguiente manera:

## 1. Aclarar el fenómeno

El equivalente japonés de "fenómeno" significa "un suceso o hecho que puede ser observado; la manifestación externa de una cosa, en contraposición a su esencia". A su vez, "observación" se define como "ver a través de la naturaleza esencial de una cosa; captar la totalidad de su apariencia física". Por tanto, si queremos captar la esencia de un problema, debemos observar detenidamente y entender lo que vemos. De hecho, la mitad del problema se resuelve una vez que lo captamos con precisión. (p.44)

Definir los fenómenos significa comprenderlos correctamente y clasificarlos por tipo o patrón en función de en qué consisten, cómo se producen, dónde se producen, qué tipo de máquinas intervienen, etc.

Los puntos cruciales de este proceso son (a) Eliminar las nociones preconcebidas, (b) Observar y analizar cuidadosamente los hechos in situ, (c) Clasificar y estratificar a fondo los fenómenos (5W y 1H) y (d) Comparar lo normal (productos buenos) con lo anormal (productos defectuosos) para identificar todas las diferencias significativas. Una técnica eficaz para definir los fenómenos es utilizar las preguntas Quién, Qué, Dónde, Cuándo, Qué y Cómo (5W + 1H) para estratificar los resultados de las observaciones.

Formato para Análisis 5W + 1H				
Nombre del equipo		Fecha		Turno
WHO (Quién) ¿Hay alguna variación entre las personas que participan en la operación?				
What ( Qué ) ¿Alguna variación debida a los materiales de producción?				
WHERE ( ¿Dónde?) ¿Hay alguna variación debida a los equipos, los dispositivos y los componentes?				
WHEN ( ¿Cuándo) ¿Alguna variación relacionada con el tiempo o el periodo?				
WHICH ¿Cual? ¿Existe alguna tendencia característica a lo largo del tiempo? (¿Aumentan o disminuyen los				
HOW ( ¿Cómo?) ¿Hay alguna variación en las circunstancias de ocurrencia? (¿Aparece el problema de forma				
Elaborado por :		Firma		

Figura 15. Formato Análisis P-M – Paso 1  
Fuente: Elaboración propia

La figura 15 muestra un formato de análisis en el cual se aplica los 5W+1H como ayuda para estratificar las observaciones; dicha tabla será utilizada por parte del personal operativo, técnico y encargados.

## 2. Realizar un análisis físico

El análisis físico explica los fenómenos correctamente estratificados desde un punto de vista físico. Sin el análisis físico, podemos juzgar los factores por la experiencia ("siempre ha sido así"), por intuición ("debe ser así") o por impresiones ("probablemente sea así"). Como resultado, nuestra acción para corregir las pérdidas crónicas no llega a resolver el problema. (Sherose, 2004, p.48)

Para Kimura (2004) existen 4 pasos para analizar los fenómenos en términos físicos:

- Paso 1 del análisis físico: identificar los principios de funcionamiento antes de realizar el análisis P-M, estudie los principios mecánicos o físicos que subyacen a la operación en cuestión, identifique y documente los principios directamente relacionados con el fenómeno, ayuda a diagramar la estructura de los mecanismos relevantes y mostrar cómo funcionan.
- Paso 2 del análisis físico: identificar las normas de funcionamiento, relacionar los principios de funcionamiento con los mecanismos del equipo para identificar las normas que rigen condiciones normales. “¿Cómo funcionan los mecanismos cuando no se produce el fenómeno anormal?”
- Paso 3 del análisis físico: identificar los elementos que interactúan, piense en los fenómenos que se producen en una operación de fabricación como relaciones de causa y efecto entre los equipos y los productos. El aspecto "causa" se refiere al estado de los equipos y el "efecto" es la calidad del producto. Cualquier deterioro de esta relación se refleja necesariamente en la calidad del producto.
- Paso 4 del análisis físico: cuantificar los cambios físicos, una vez identificados y esquematizados los elementos que interactúan, hay que



cuantificar los cambios físicos que se producen en su relación, utilizando unidades físicas básicas y/o constantes.

### 3. Identificar las condiciones constitutivas

El siguiente paso es revisar todas las condiciones que dan lugar sistemáticamente al problema. Estas son las condiciones constitutivas necesarias o suficientes para que se produzca el fenómeno físico analizado en el paso anterior. Es importante tener en cuenta todo lo que podría producir ("constituir") el fenómeno, independientemente de las ideas preconcebidas o los juicios intuitivos. Estas condiciones abarcan todos los factores causales, por lo que este paso garantiza que no se pase por alto ningún factor de este tipo que no se pase por alto ningún factor de este tipo. (p.59)

Sherose (2009) asegura que cualquier condición constitutiva entra en una de las 4M categorías de insumos de producción: (a) Máquinas: funcionamiento y precisión de los equipos, (b) Hombre (personas): el nivel de competencias humanas, (c) Materiales: calidad de las piezas/materiales que salen del proceso anterior, (d) Métodos: adecuación de los procedimientos y normas.

4M Category	Constituent Conditions
Equipment precisión and reliability	Whenever any part of a machine malfunctions, check for links with abnormal phenomena and for the conditions that give rise to those phenomena
Method and Standards	Check for links with physical defect phenomena whenever designated standards are inadequate or too lax
People quality of applied skills	Check for links with abnormal phenomena when people charged with adhering to standards do not do so
Material quality from previous processes	Check for links with abnormal phenomena when materials or parts from previous processes are of poor quality

Figura 16. Formato Categoría 4-M – Paso 3

Fuente: Libro P-M Analysis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 16 se muestra el formato de categoría 4 M, el cual es la parte 3 del proceso de análisis PM.

#### 4. Estudiar las 4M en busca de factores causales

Para Sherose (2004), se debe enumerar e investigar cualquier correlación entre las condiciones constitutivas identificadas en el paso anterior y los insumos básicos de producción o 4M (equipos, personas, materiales, métodos). En otras palabras, se trata de identificar las relaciones de causa y efecto entre las condiciones constitutivas y los elementos específicos de las 4M. La condición constitutiva se convierte en el "efecto", y revisamos los elementos 4M en busca de posibles "causas". Identificar todos los elementos lógicamente concebibles necesarios para generar las condiciones constitutivas (pag.62)

Para expresar las 4M en términos medibles las condiciones de los componentes y las correlaciones primarias y secundarias son causas potenciales que podemos querer abordar a través de diversas contramedidas. Por lo tanto, los elementos 4M deben ser expresados en términos medibles (verificables) en la medida de lo posible. De lo contrario, no hay forma de hacer juicios evaluativos y establecer valores estándar. En la etapa primaria de la 4M, uno se encuentra ocasionalmente una frase como "la pieza se ha montado mal", una descripción vaga difícil de evaluar o relacionar con cualquier norma de evaluar o relacionar con alguna norma. Una designación mejor podría ser "la alineación de la pieza está fuera de escuadra con la placa de referencia". (Sherose, 2004, pag.64)

Sherose (2004) señala que los siguientes puntos clave al identificar las correlaciones 4M primarias con los insumos de producción:

- Ignorar el grado de contribución o el alcance del impacto. En el análisis P-M dejamos de lado la priorización.
- Al evaluar las correlaciones con el equipo, las herramientas o las matrices, trabaje progresivamente dentro de las unidades de subconjuntos, desde la punta

o superficie funcional del mecanismo (el punto de procesamiento) hasta la base que lo soporta.

- Enumere todos los elementos lógicamente concebibles para el material (precisión de los procesos anteriores), método (incluidos los métodos de ejecución, preparación, medición y funcionamiento), y los elementos humanos (habilidades), así como para las máquinas y los equipos.
- Revise la lista de correlaciones primarias para confirmar que realmente dan lugar a las condiciones constitutivas.

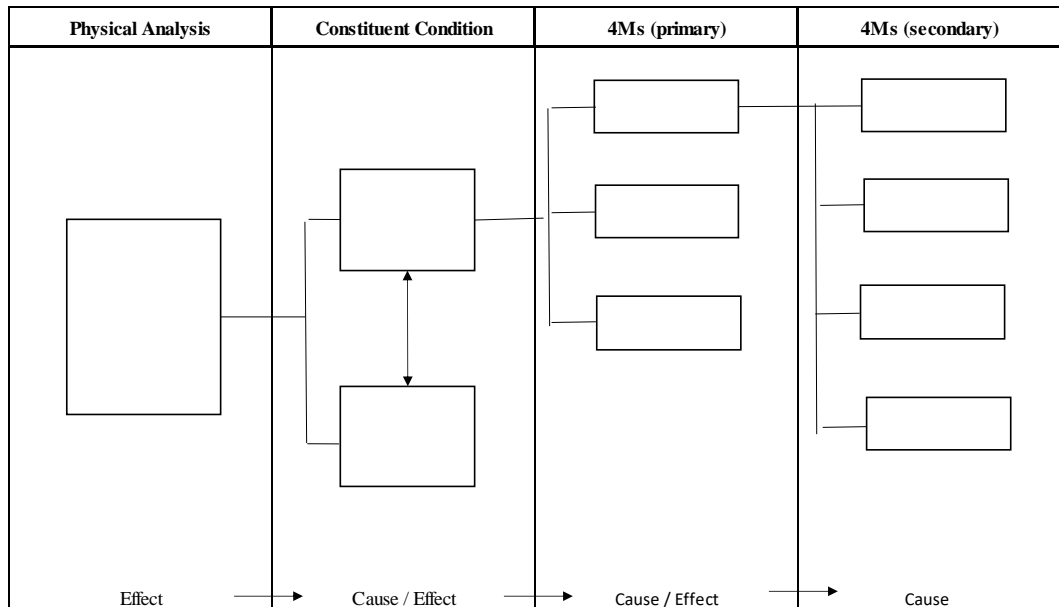


Figura 17. Formato Desglose Categoría 4-M – Paso 4

Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 17 se muestra un formato a utilizar para el desarrollo del paso 4 del análisis PM.

### 5. Establecer condiciones y normas óptimas

Comience por examinar las normas y los criterios ya establecidos para controlar esta etapa del proceso de producción. Si no existen criterios adecuados para evaluar la precisión de los equipos, desarrolle e instituya otros nuevos que reflejen

los principios de funcionamiento, la mecánica de generación de defectos y fallos, la función y la estructura del equipo y la calidad del producto.

La mayoría de los procesos ya cuentan con numerosos estándares, criterios u otras normas. Sin embargo, cuando diferentes departamentos tienen la responsabilidad de tales normas, a menudo se pasan por alto o se ignoran, se suelen pasar por alto o se ignoran. Por lo tanto, es importante volver al principio y revisar y evaluar estas normas. (Sherose, 2004, p.69)

Comprobar elementos
IMAGEN ZONA REFERENCIAL
DESCRIPCIÓN

*Figura 18. Formato Comprobación de elementos – Paso 5*

Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 18 se muestra el formato para la comprobación de elementos correspondiente al paso 5 para el desarrollo del análisis PM.

## 6. Planificar y realizar un estudio de los factores

A medida que los pasos continúen de manera correcta Sherose (2009) indica que en el paso 6, los equipos deben pasar el siguiente proceso (ver figura 19).

- Determinar las formas más fiables y eficaces de medir la diferencia entre el estado de los factores causales identificados en los pasos 3 y 4 y sus valores ideales confirmados en el Paso 5.
- Determinar la forma más eficaz de inspeccionar físicamente todos los factores en la ubicación de la máquina de la máquina.
- Llevar a cabo la inspección, midiendo los valores objetivo y comparándolos con los estándares óptimos para determinar qué factores contienen anomalías y, por lo tanto, cuáles son las causas reales del fenómeno de los defectos.

A la hora de revisar cómo deben realizarse las mediciones, hay que empezar por las condiciones constitutivas. Esto reduce el número de elementos de la encuesta, lo que a su vez ahorra horas a los empleados. Si algunas condiciones de los constituyentes no presentan anomalías, no es necesario medir y revisar sus correlaciones 4M primarias y secundarias. La revisión de los métodos de medición acelera el proceso de mejora y también aclara las tareas de mantenimiento preventivo que evitarán que se repitan las condiciones anormales. (Sherose, 2004, p.72)

<b>Investigación</b>
<b>*Investigación A</b>
Teoría 1
Teoría 2
<b>Investigación B</b>
Teoría 3
Teoría 4

Figura 19. Formato Comprobación de elementos – Paso 6  
 Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 19 se muestra el formato para la comprobación de elementos correspondiente al paso 6 para el desarrollo del análisis PM; cabe mencionar que, estos formatos son parciales a utilizar para el consolidado final.

## 7. Identificar las anomalías que se deben abordar

Sherose (2004) menciona que las claves para identificar las anomalías son las siguientes:

- Investigar a fondo todos los factores
- Comparar las condiciones anormales con las normas actuales o provisionales
- Pensar en términos de condiciones óptimas, no sólo de condiciones necesarias
- Clasificar como anormal cualquier elemento que se encuentre en la frontera entre lo normal y anormal.
- Asegúrate de comprender los factores causales de cada condición clasificada como anormal

Aunque estas anomalías representan un extremo de la cadena de causas y efectos a efectos del P-M, también deben considerarse como efectos con causas propias. En lugar de abordar cada elemento al pie de la letra, pregúntese siempre "¿por qué ha ocurrido esto?" y "¿qué factores han provocado que esto ocurra?". (Sherose, 2004, p.75)

Para ello, los equipos deben revisar a fondo los factores causales de las anomalías seleccionadas con la vista puesta en la prevención. Por ejemplo, si un defecto implica la presencia de suciedad o polvo, hay que preguntarse qué ha permitido la contaminación planificar mejoras que no sólo corrijan las causas, sino que eviten que no sólo corrijan las causas, sino que impidan su reaparición, de modo que se pueda mantener un nivel cero de defectos crónicos. (Sherose, 2004, p.75)

## 8. Proponer y realizar mejoras

En esta octava y última etapa del análisis P-M, los equipos proponen y realizan las correcciones y mejoras necesarias para cada anomalía, y luego planifican e instituyen las medidas preventivas adecuadas. (Sherose, 2004, p.76)

ANÁLISIS P-M				Fecha : Datos del responsable :				
Fenómeno	Análisis Físico	Condiciones Constituyentes	Correlaciones primarias 4M	Comprobar elementos	Investigación	Evaluación		Resultados
1	2	3	4	5	6	7		8

Figura 20. Formato Análisis PM - Consolidado

Fuente: Libro P-M Analisis – An Advanced Step in TPM Implementación

En la figura 20, se observa el formato final del análisis PM, en el cual se encuentran consolidados los formatos parciales mostrados anteriormente para su desarrollo.

Leyenda:

Los círculos de color azul con enumeración hacen referencia a cada paso de implementación del análisis PM

- CAP Do

Palacios (2013) cita que el método CAP Do es una metodología que ordena el pensamiento para la solución de problemas que generan pérdidas, proviene de las siglas de los siguientes pasos Chequear, Analizar, Planear y Do (Hacer). Para aplicar esta herramienta, es necesario cumplir con el ciclo CAP Do en el mantenimiento autónomo mencionado por Suzuki (1992).

Paso 1: Realizar la limpieza inicial	Chequear el equipo y descubrir irregularidades	C
Paso 2: Eliminar las fuentes de contaminación y mejorar los puntos inaccesibles	Actuar contra las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles	A
Paso 3: Establecer estándares de limpieza e inspección	Planificar y hacer chequeos basados en estándares	P, D
Paso 4: Realizar inspecciones generales periódicas del equipo	Repetir para cada categoría C · A · P · D	
Paso 5: Inspecciones generales del proceso	Repetir para cada categoría C · A · P · D	
Paso 6: Sistematizar el mantenimiento autónomo	C · A · P · D · C · A · P · D	
Paso 7: Practicar la plena auto-gestión	C · A · P · D · C · A · P · D	

Figura 21. Ciclo CAPD en el Mantenimiento Autónomo

Fuente: TPM en industrias de procesos

La figura 21 muestra el ciclo CAPDo en el mantenimiento autónomo paso a paso, explicando de manera resumida la finalidad de cada uno de los pasos.

Paso 1: Realizar la limpieza inicial; El objetivo del paso I del programa de mantenimiento autónomo es elevar la fiabilidad del equipo a través de tres actividades: (a.) Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos. (b.) Descubrir todas las anomalías. (c.) Corregir las pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo (Suzuki,1992, p.104)

- Eliminar el polvo, la suciedad y los desechos

Para Suzuki (1992) la limpieza profunda es importante puesto que fuerza a los operarios a tocar y conocer cada parte del equipo, lo que incrementa su interés en él para que no se vuelva a ensuciar. Por ello, surgen cuestiones como: ¿Qué es lo que puede ir mal si esta parte está sucia?, ¿Qué le sucede a esta columna o tubo cuando esta parte está oxidada?, ¿Cómo afectará al producto si esto está



bloqueado u obstruido?, Esta parte se sigue ensuciando a pesar de que la limpio a menudo. ¿De dónde surge la contaminación?

- Descubrir las anomalías

Suzuki (1992) define una anomalía como: “deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla o fisura: cualquier condición que pueda derivar en otros problemas” (p. 123).

IDENTIFICACIÓN DE ANORMALIDADES			
ANORMALIDADES	EJEMPLOS	ANORMALIDADES	EJEMPLOS
<b>A. Pequeñas deficiencias</b>		<b>B. Incumplimiento de las condiciones</b>	
1. Contaminación	Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, pintura, óxido	1. Lubricación	Fugas de lubricante, puertas de lubricación deformada
2. Daños	Fisuras, Aplastamientos, deformaciones, curvados	2. Suministro de lubricante	Insuficiente, suciedad, inapropiada o no identificada
3. Holguras	Exceso de recorrido, desajustes	3. Indicadores de Nivel de aceite	Tubos de lubricación defectuosos, fugas (no identificación de nivel correcto)
4. Flojedad	Excentricidad, distorsión, corrosión	4. Apretado	Holguras, omisiones, pasados de rosca, arandela inapropiada, tuerca al revés
5. Fenómenos anormales	Picaduras, sacudidas, olores extraños, ruidos inusuales	<b>D. Focos de Contaminación</b>	
6. Adhesión	Presión o corriente	1. Producto	Fugas , derrames, chorros, dispersión
<b>C. Puntos inaccesibles</b>		2. Primeras materias	Exceso de flujo, fluidos hidráulicos, fugas de aire comprimido
1. Limpieza	Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, pintura, óxido	3. Lubricantes	Infiltraciones
2. Chequeo - Inspección	Obstrucción de la máquina, cubiertas, disposición de apoyo	4. Gases	Gases, vapor, humos de exhaustación
3. Apretado de pernos	Tubos de lubricación defectuosos, fugas (no identificación de nivel correcto)	5. Líquidos	Agua fría, agua caliente
4. Operación	Orientación de instrumentos, exposición de gamas de operación, altura, apoyos	6. Desechos	Productos semiacabados, desperdicio de agua, materia de embajale.
5. Ajustes	Posición de Válvulas, posición de indicadores de presión termómetros	7. Ajustes	Carretillas elevadoras
<b>E. Fuentes de defectos de Calidad</b>		<b>F. Elementos innecesarios y no urgentes</b>	
1. Materias extrañas	Desechos de cable, insectos, infiltración y arrastre de óxido.	1. Maquinaria	Bombas, agitadores, compresores, columnas, tanques
2. Golpes	Caídas, sacudidas, colisiones, vibraciones, demasía	2. Tuberías	Tubos, mangueras, conductores, valvulas, amortiguadores
3. Humedad	Separadores centrífugos	3. Instrumento de medida	Indicadores de presión, indicadores de vacío, amperímetros
4. Tamaño de grano	Mezcla, composición	4. Equipo eléctrico	Cableado, tubería, conectores de alimentación, toma de corrientes
5. Concentración	Calentamiento inadecuado	5. Piezas de repuestos	Herramientas de corte, plantillas, moes
6. Viscosidad	Evacuación, agitación, mezcla	6. Reparación provisional	Repuestos, stocks permanentes, materiales auxiliares, cinta, cable.

Figura 22. 7 tipos de anomalías  
Fuente: TPM en industrias de procesos

La figura 22 muestra una clasificación de 7 tipos de anomalías descritas por Suzuki; dicho consolidado estará vinculado con el formato de inspección a desarrollar.

Por otro lado, una de las técnicas es señalar el punto donde se ha manifestado una anomalía; para ello, se utilizan tarjetas donde se especifican datos como: que, quien y la naturaleza del problema. (Ver figura 23).

**TPM**  
**Mantenimiento autónomo**  
**Paso: 1 - 2 - 3 - 4 - 5**  
**Tarjeta Blanca**  
**(Operario)**

**Lugar de anomalía:**

**Equipo - modelo:**

**Número - código:**

**Fecha:**

**Encontrado por:**

**Descripción:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Figura 23. Tarjeta para señalar anomalías*  
Fuente: TPM en industrias de procesos

Paso 2: Usan su cabeza para crear mejoras eficaces. Cuando el equipo se ensucia pronto de nuevo, o no se puede mantener el nivel de limpieza obtenido inicialmente, habitualmente los operarios sienten el impulso de hacer algo para resolverlo. En otras palabras, se vuelven conscientes de la necesidad de hacer mejoras. Empiezan a pensar sobre los: modos de controlar las fugas, derrames y otras fuentes de contaminación, Intentan también mantener las condiciones básicas del equipo establecidas en el paso 1, pero se dan cuenta que esto les exige una cantidad de tiempo y esfuerzo considerables. Se sienten incómodos con los

lugares difíciles de alcanzar y se sienten obligados a pensar sobre mejorar su accesibilidad (Suzuki, 1992).

- Identificar y eliminar las fuentes de fugas y derrames:

En los ambientes de producción de las industrias de procesos suelen presentar una gran variedad de fuentes de contaminación, lo que constantemente tiene efectos en los equipos (Suzuki, 1992).

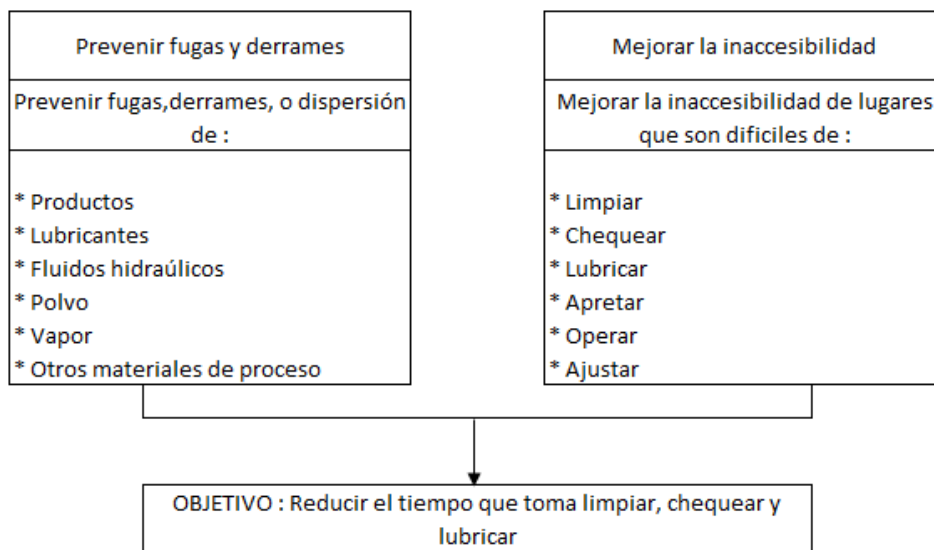


Figura 24. Objetivos fuentes de contaminación y lugares inaccesibles  
Fuente: TPM en industrias de procesos

En la figura 24 se muestran algunos tipos y actividades para prevenir fugas y mejorar la inaccesibilidad en las zonas de trabajo.

(a.) El polvo y las descargas de vapor hacen difícil mantener los niveles de limpieza inicial. (b.) La contaminación de polvo y grasa estorba para el chequeo de pernos, tuercas, indicadores de niveles de aceite, etc. (c.) La contaminación de polvo causa deterioro acelerado, tal como el desgaste excesivo de correas en V y cadenas motrices. (d.) La contaminación de los sensores de límite, fotosensores y otros sensores provoca disfunciones. (e.) Las fugas de líquidos y vapor corroen las unidades de proceso, soportes y otras estructuras. (f.) La infiltración de polvo en los paneles de control hace que éste

no sea Fiable. (g.) La contaminación general deteriora el entorno de trabajo y la calidad del producto. (Suzuki, 1992, p. 130)

Para contrarrestar lo mencionado y remediar las fuentes de contaminación, se recomienda seguir lo siguiente: (a.) Comprobar con precisión la naturaleza de la contaminación y cómo y dónde se genera. (b.) Reunir datos cuantitativos sobre el volumen de fugas, derrames, y otras contaminaciones (esto ayuda a los operarios a comprender la importancia de la medición). (c.) Estimular a los operarios a rastrear la contaminación hasta su fuente original, por ejemplo, las obstrucciones en los conductos y canales de recogida de polvo. (d.) Primero, localizar la contaminación, después reducirla persistentemente mediante mejoras sucesivas. Esto produce los mejores resultados porque las mejoras de un golpe son imposibles. (e.) Realizar mejoras orientadas con equipos de proyecto que incluyan directivos y staff técnico. Son esenciales los equipos de proyecto cuando se trate de grandes fuentes de contaminación que los operarios no pueden resolver mediante el Mantenimiento autónomo. (f.) Considerar el uso de nuevas técnicas y materiales para sellados, juntas, medios de protección, etc. (Suzuki, 1992)

Paso 3: El objetivo de este paso es garantizar el mantenimiento de los logros obtenidos en los pasos 1 y 2, esto es, asegurar el mantenimiento de las condiciones básicas y de la situación óptima del equipo. Para lograr esto, los grupos de operarios deben estandarizar los procedimientos de limpieza e inspección y asumir la responsabilidad de mantener su propio equipo.

Paso 4: Los operarios de las plantas que fabrican productos industriales, deben conocer a fondo sus equipos. Sin embargo, se cree generalmente que los operarios sólo necesitan seguir las instrucciones para hacer funcionar sus máquinas, y muchas empresas no hacen ningún esfuerzo para enseñar a los operarios la estructura y características de sus equipos. Algunas empresas incluso reducen el número de operarios, y les dicen a los que quedan que no deben poner ni un dedo sobre el equipo. En tales casos, lo único que hacen los operarios es pulsar los conmutadores o pasear alrededor de canales, cintas y conductos para desbloquearlos. Esta actitud no beneficia a nadie.

Paso 5: Los objetivos de los cuatro primeros pasos del mantenimiento autónomo son desarrollar operarios competentes en equipos y mejorar la fiabilidad de los mismos. Sin embargo, solamente estos logros no asegurarán una operación y control eficaces en las industrias de proceso.

Paso 6: La planta que completa los cinco primeros pasos del programa de mantenimiento autónomo, logra condiciones óptimas en el equipo y establece un sistema de estándares que apoya esas condiciones. Los operarios competentes en equipos y procesos son capaces de detectar y prevenir las anomalías por anticipado a través de chequeos y operaciones apropiados. El paso 6 añade los toques de acabado al sistema de mantenimiento autónomo.

Paso 7: Practicar la plena autogestión, se repetirá el ciclo ya implementado en el paso anterior. (p. 122 – 145)

Además, Suzuki (1992) mencionó que:

La eliminación de accidentes y polución es un requerimiento obligatorio para ganar el Premio PM en Japón. De hecho, las ratios de seguridad de los ganadores del premio son siempre significativamente mejores que antes de la introducción del TPM. En una fase avanzada del TPM, en el momento de optar al premio, el sistema de gestión de la seguridad ha tenido que revisarse y mejorarse con resultados positivos fuera de duda. Similarmente, se deben garantizar palpables mejoras contra la contaminación y contar con un sistema de mejora continua con objetivos. (pág. 323)

Asimismo, Suzuki (1992), establece los siguientes requerimientos de seguridad básicos.

- Paso 1: Como parte de la limpieza inicial, detectar y corregir cualquier problema que pueda afectar a la seguridad o entorno.

- Paso 2: Las acciones de mejora para facilitar la limpieza e inspección mejoran también la seguridad y el entorno eliminando las fuentes de contaminación mediante mejoras orientadas. Muchas empresas han reformado el entorno de sus plantas, creando lugares de trabajo limpios y pulidos mediante cruzadas sistemáticas tales como las «Campañas cero-fugas».
  
- Paso 3: En los estándares provisionales de limpieza y chequeo hay que incluir procedimientos de seguridad. Como hoy es tan común la operación con una sola persona, hay que establecer también rutinas de seguridad individuales. Para tener lugares de trabajo seguros hay que realizar cinco actividades fundamentales. Esto incluye las mejoras 5S, los chequeos de seguridad, los controles visuales, la limitación de riesgos, y la seguridad de tráfico.
  - a. 5S. De éstas, se emplean las tres primeras, clasificar (eliminando lo innecesario), estabilizar (establecer lugares permanentes para cada cosa esencial), y pulir (encontrar modos de mantener todo limpio) para eliminar fugas y derrames y mantener todo en el lugar apropiado.
  - b. Realizar chequeos de seguridad. Deben incluirse chequeos de seguridad en las acciones diarias de limpieza e inspección. El tiempo que se reduce con la práctica.
  - c. Controles visuales. Los sistemas visuales tales como la codificación con colores hacen más evidentes las anomalías y mejoran la seguridad de los lugares de trabajo.
  - d. Limitación de riesgos. Implantar sistemas de limitación de riesgos. Hay que chequear regularmente la seguridad del equipo, y realizar revisiones periódicas de seguridad. Creación de un entorno seguro y grato
  - e. Seguridad de «tráfico». Hay que realizar campañas de «seguridad del tráfico». Mientras es importante cumplir las reglas, para lograr la seguridad en un entorno rápidamente cambiante, hay que eliminar activamente todas las fuentes de riesgos. Esto ayuda a sensibilizar a las personas sobre seguridad.
  
- Pasos 4-5: Desarrollar personas competentes en equipos y procesos cuanto más saben las personas sobre sus equipos y procesos, con más seguridad pueden

trabajar. La formación sobre seguridad debe basarse en estudios de casos de accidentes reales. Conviene recordar que el número de accidentes crece en proporción al número de pequeñas paradas, de modo que se deben atacar los accidentes y problemas mejorando el control y supervisión de las condiciones de equipos y planta.

- Pasos 6-7: Consolidación

Dar un paso cada vez, sin apresurarse u omitir algo, hasta que cada operario adquiera confianza y conocimiento sobre seguridad, y se instale un sistema de mejora permanente.

CHECK LIST DE SEGURIDAD				
ELEMENTOS	PUNTOS DE CHEQUEO	SI	NO	OBSERVACIONES
Cubiertas, pasamanos, etc.	¿Se han ajustado las cubiertas para evitar la dispersión de partículas, refrigerante, etc.?			
	¿Se han colocado cubiertas de seguridad sobre mecanismos peligrosos tales como partes giratorias o deslizantes?			
	¿Se han instalado plataformas y rutas de paso para facilitar la limpieza, chequeo, ajuste y lubricación?			
	¿Están intactos los pasamanos, salvaguardas, topes y otros mecanismos de seguridad?			
	¿Hay escalas fijas de más de 2 metros con guardas de respaldo?			
	¿Hay pasamanos en rutas de paso y puertas?			
Puntos peligrosos	¿Se han instalado luces de inspección en pozos y otras?			
	¿Están los suelos nivelados y libres de puntos resbaladizos?			
	¿Son seguros los medios de transporte tales como los canales y transportadores y funcionan suavemente?			
	¿Se pueden abrir en las dos direcciones las puertas de instalaciones tales como las salas insonorizadas?			
	¿Hay algún riesgo de caída de objetos?			
	¿Hay riesgo de que alguien se quemara por tocar tuberías de vapor u otros elementos calientes?			
	¿Están los espacios tales como los almacenes y sótanos apropiadamente equipados con señales indicando las salidas y luces de emergencia?			
Operabilidad	¿Están apropiadamente posicionados los botones de arranque, palancas y pañetes de control?			
	¿Se pueden operar con facilidad todas las palancas, volantes manuales, y otros controles?			
	¿Están claramente señalados los pesos de los equipos?			

Equipos de seguridad	¿Funcionan correctamente todos los equipos de prevención del fuego (extintores, detectores de humo y gas, tomas de agua, etc.?)			
	¿Funcionan apropiadamente los mecanismos de parada de emergencia?			
	¿Están cerca de la mano los botones de parada de emergencia?			
	¿Hay algún botón de operación cuya posición invita a omitir pulsarlo?			
	¿Funcionan correctamente todas las luces de alarma, bocinas, mecanismos de interbloqueo, sensores de límite, y mecanismos similares?			
Señales de seguridad y peligro	¿Están correctamente indicados los gases de alta presión, materiales peligrosos, productos químicos, etc.?			
	¿Hay señales de aviso adecuadas para gases tóxicos, gases asfixiantes, y sustancias peligrosas similares?			
	¿Se indican claramente los límites de velocidad?			
	¿Se han instalado señales de peligro en los cables de alto voltaje)			
	¿Se han instalado todas las señales de precaución necesarias (cuidado con piezas giratorias, cuidado con la cabeza, mire donde pisa, etc.)			
Seguridad de pasos	¿Se ha dado autorización para la colocación temporal de objetos que dificultan el paso? ¿Está obstruido algún paso?			
	¿Están claramente marcadas áreas de trabajo, rutas de seguridad, etc.?			
	¿Están apropiadamente marcadas áreas de trabajo, rutas de seguridad, etc.?			
	¿Están apropiadamente marcadas y cerradas las áreas de almacenaje de fuel, cilindros de oxiacsttieno, etc.?			

Figura 25. Check List de Seguridad

Fuente: TPM en industria del proceso – Suzuki (1992)

La figura 25 muestra una lista de comprobación de seguridad elaborado como herramienta a utilizar para la identificación de condiciones inseguras en las zonas de trabajo, los cuales serán utilizados por el personal operativo, encargados y/o supervisores.

- CIL STANDARD

La rutina CIL es una herramienta que permitirá relacionar al operario y su compromiso con el cuidado del equipo, consiste en un trabajo de limpieza, inspección y lubricación donde el operador toma una lista de tareas y se asegura que lo cumplan, lo registra y lo archiva. Padamshi (2021).



Esta metodología se encuentra definida en uno de los primeros pasos de la herramienta CAP Do donde se establecen condiciones básicas empezando por la limpieza a fondo del equipo y sus componentes, para poder detectar anomalías.

Yarin (2011) señala que:

Se deben crear estándares de limpieza y lubricación que aseguren la restauración del deterioro de los equipos y la prevención del deterioro forzado. Para facilitar las inspecciones, se utiliza la técnica de los controles visuales:

(a.) Marcar los rangos apropiados en indicadores de presión, temperatura, etc., distinguiendo los correctos de los incorrectos. (b.) Marcar direcciones de rotación de equipos, sentido de los transportadores, etc. (c.) Marcar tuercas y tornillos para indicar desviaciones en el ajuste de estos. (p.59 -60)

- Limpieza

En el TPM, la limpieza es una forma de inspección. Su finalidad no es meramente limpiar, sino descubrir los defectos ocultos o anomalías en las condiciones del equipo. Los puntos clave para la limpieza son:

(a.) Limpiar el equipo regularmente como parte del trabajo diario. (b.) Limpiar profundamente y remover todas las capas de suciedad y adherencias acumuladas durante años. (c.) Abrir todas las anteriormente ignoradas tapas, dispositivos de seguridad, etc., para descubrir y remover cada mota de polvo de cada esquina y recoveco. (d.) Limpiar elementos auxiliares y accesorios igual que las unidades principales. equipo de transporte, cajas de control, y tanques de lubricante. (e.) No dar por acabada la tarea cuando una pieza se ensucia inmediatamente de nuevo después de limpiarla. (Suzuki, 1992, p.95)

- Limpieza e inspección

La clave para detectar pequeñas deficiencias en las condiciones del equipo y otras anomalías es formarse un cuadro mental de la condición ideal del equipo y tenerlo presente mientras se le limpia. (Suzuki, 1922, p.96)

- Lubricación

La lubricación es una de las condiciones básicas más importantes para preservar la fiabilidad del equipo. Es un medio para asegurar tanto un funcionamiento eficiente mediante la prevención del desgaste o quemaduras, como el mantenimiento de la precisión operacional de mecanismos neumáticos, y la reducción de la fricción. Sin embargo, a menudo el equipo se lubrica descuidadamente.

Para empezar a contrarrestar la limpieza inicial, hay que poner en práctica las siguientes actividades conforme se vayan descubriendo anomalías relacionadas con la lubricación:

(a.) Enseñar la importancia de la lubricación usando lecciones de punto único. (b.) Lubricar inmediatamente siempre que se encuentre un equipo inadecuadamente lubricado o no lubricado. (c.) Reemplazar todos los lubricantes contaminados. (d.) Limpiar y reparar todas las entradas de lubricante e indicadores de nivel sucios o dañados. (e.) Verificar si todos los mecanismos de lubricación automática funcionan correctamente. (f.) Limpiar y lubricar todas las piezas que giran o se deslizan, las cadenas de mando y otras piezas móviles. (g.) Limpiar y reparar todo el equipo de lubricación manual y contenedores de lubricante. (Suzuki, 1992, p.127)

Para Yarin (2011) en su investigación menciona que:

Inicialmente se debe realizar un CIL provisional para cada equipo, en el cual se establece una periodicidad de 6 meses para todas las acciones; sin embargo, la evolución de los componentes durante este período indicará si es correcta. Por otro lado, como se trata de un CIL nuevo, es conveniente ayudar a los operarios para comprobar que no tienen dificultad para ejecutar las acciones. En este sentido, se observa que por el gran número de elementos que existen, los operarios tienen dificultad en ubicar los mismos en el equipo. Es por este motivo que se crea una OPL (One Point Lesson o Lección de único punto) para cada equipo; de modo que cada elemento a inspeccionar se puede encontrar fácilmente. Es importante valorar qué acciones se pueden llevar a cabo en marcha y cuáles necesitan que el equipo esté parado. Siempre es preferible que se puedan realizar el máximo

número en marcha porque de este modo, se pueden incorporar en las tareas de producción. (p.76)

Para poder aplicar esta herramienta, Sun (2018) señala que se deben realizar las siguientes actividades:

En primer lugar, los operadores deben eliminar el polvo y la suciedad de los equipos que utilizan para evitar el deterioro acelerado. Al mismo tiempo, la gerencia enseña a los operadores por qué la limpieza es importante para la producción. Al limpiar a fondo el equipo, los operadores descubren anomalías que nunca han visto. Sin embargo, debido a que esta es la primera vez que los operadores han visto las anomalías, no saben distinguir entre normales o anormales; por lo tanto, requieren de un técnico de mantenimiento que les enseñe. Algunas herramientas básicas se pueden aplicar en este paso, por ejemplo, el uso de una tarjeta para etiquetar la ubicación de anomalías.

El objetivo principal de este método es reducir el tiempo de limpieza, revisión y lubricación al eliminar las fuentes de contaminación, se realizan dos tareas el primero es la eliminación de las fuentes de contaminación y la segunda es mejorar los procedimientos de limpieza, inspección y lubricación. Por ejemplo, si los operadores eliminan algunas fuentes de la contaminación a fondo, el tiempo de limpieza se reduciría. Similarmente, cambiar la posición de las entradas de lubricante puede facilitar la lubricación. (Sun, 2018).

Dentro de la norma de limpieza e inspección, los operadores cooperan con los técnicos de mantenimiento para estandarizar la limpieza y la lubricación, procedimientos basados en los resultados de los dos primeros pasos. El equipo (compuesto por operadores y técnicos de mantenimiento) decide los detalles de limpieza, inspección y lubricación respondiendo a las "cinco W y una H" (qué, dónde, por qué, cuándo, quién y cómo). A través de este método, los operadores saben qué partes del equipo necesitan limpiar y lubricar, cuándo inspeccionarlos y lubricarlos, por qué limpiarlos y lubricarlos, y como comprobarlos. (Sun, 2018).

Machine No.	Year:    Month:								Department: PTFE							
<b>Daily Cleaning and Inspection Checks</b>																
Items/Details	1	2	3	4	5	6	7	8	...	26	27	28	29	30	31	
Chuck pressure gauge (5-40Bar)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Rail oil	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									
Cutting fluid	✓		✓	✓	✓	✓	✓									

Figura 26. Daily Cleaning and Inspection Check - 1

Fuente: Implementing a total productive maintenance approach into an improvement in Companys

<b>Daily Cleaning and Inspection Checks</b>															
Items/Details	1	2	3	4	5	6	7	8	...	26	27	28	29	30	31
Operation panel switch	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Safety lock	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Oil pipeline leaks	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Conveyer belt	✓		✓	✓	✓	✓	✓								
Tricolor lamp	✓		✓	✓	✓	✓	✓								
Machine interior lighting	✓		✓	✓	✓	✓	✓								
Pneumatic safety door	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Chuck clamping	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Panel has alarm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
Responsibility Signature	Chen	Sun	Chen	Sun	Sun	SUN	Chen								
If normal, use "✓" to indicate; for abnormal, use "×".															

Figura 27. Daily Cleaning and Inspection Checks - 2

Fuente: Implementing a total productive maintenance approach into an improvement in Companys

En las figuras 26 y 27 se muestran 2 ejemplos de formatos de check list de limpieza e inspección, dichas tablas son elaboradas para que puedan ser completadas por el personal operativo, encargados o supervisores.

## 2.4. Definición de términos básicos

### a. Mejora Continua

Según Bonilla (2010) en su investigación señala que la mejora continua es una filosofía japonesa que abarca todas las actividades del negocio, se le conceptualiza también como una estrategia de mejoramiento permanente; puede ser considerada como la llave del éxito competitivo japonés. La mejora puede referirse a los costos, el cumplimiento de las entregas, la seguridad y la salud ocupacional, el desarrollo de trabajadores, los proveedores, los productos, etcétera”. (p.37)

### b. Incidentes

Para Fernandez (2008), en su estudio denominado Accidentes e Incidentes de trabajo, indica que los incidentes son “cualquier suceso no esperado ni deseado que NO dando lugar a pérdidas de la salud o lesiones a las personas puede ocasionar daños a la propiedad, equipos, productos o al medio ambiente, pérdidas de producción o aumento de las responsabilidades legales”. (p.10)

### c. Máquina Inyectora

Molina (2009) en su proyecto de tesis menciona que la máquina inyectora es un equipo capaz de plastificar el material polimérico y bombearlo hacia un molde, en donde llena una cavidad y adquiere la forma del producto deseado. Según la norma DIN 24450, una inyectora es una máquina cuya tarea principal consiste en la fabricación discontinua de piezas a partir de masas de moldeo de elevado peso molecular, con la ayuda de presiones elevadas. (p.6)

### d. Proceso de Inyección

Para Ibarra (2008) en su investigación para especialización, determinó que el proceso de inyección de plásticos es un proceso que consiste en transferir el material plastificado que se encuentra dentro de una máquina inyectora, a la cavidad de molde para después enfriarlo y expulsarlo. El moldeo por inyección tiene hoy en día, una gran variedad de productos, de diversos tamaños y formas. (p.4)

e. Diagrama de Pareto

Según Gonzales (2004) en su libro menciona que el Diagrama de Pareto es una herramienta útil para enfocar los esfuerzos hacia la búsqueda de la causa o causas que ocasionan un problema, entre un gran número de posibilidades, con la finalidad de identificar cuáles de ellas son las verdaderamente importantes (las pocas causas vitales) y cuáles no son relevantes (las muchas causas triviales). (p.14)

f. Gestión de procesos

Para Mallan (2010) en su estudio de la Gestión de procesos señala que se orienta a desarrollar la misión de la organización, mediante la satisfacción de las expectativas de sus stakeholders (clientes, proveedores, accionistas, empleados, sociedad), y a qué hace la empresa para satisfacerlos, en lugar de centrarse en aspectos estructurales como cuál es su cadena de mandos y la función de cada departamento. Es una gestión de calidad que se enfoca en que los buenos resultados se obtienen con la alta eficiencia cuando las actividades y los recursos se gestionan como proceso.

## 2.5. Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

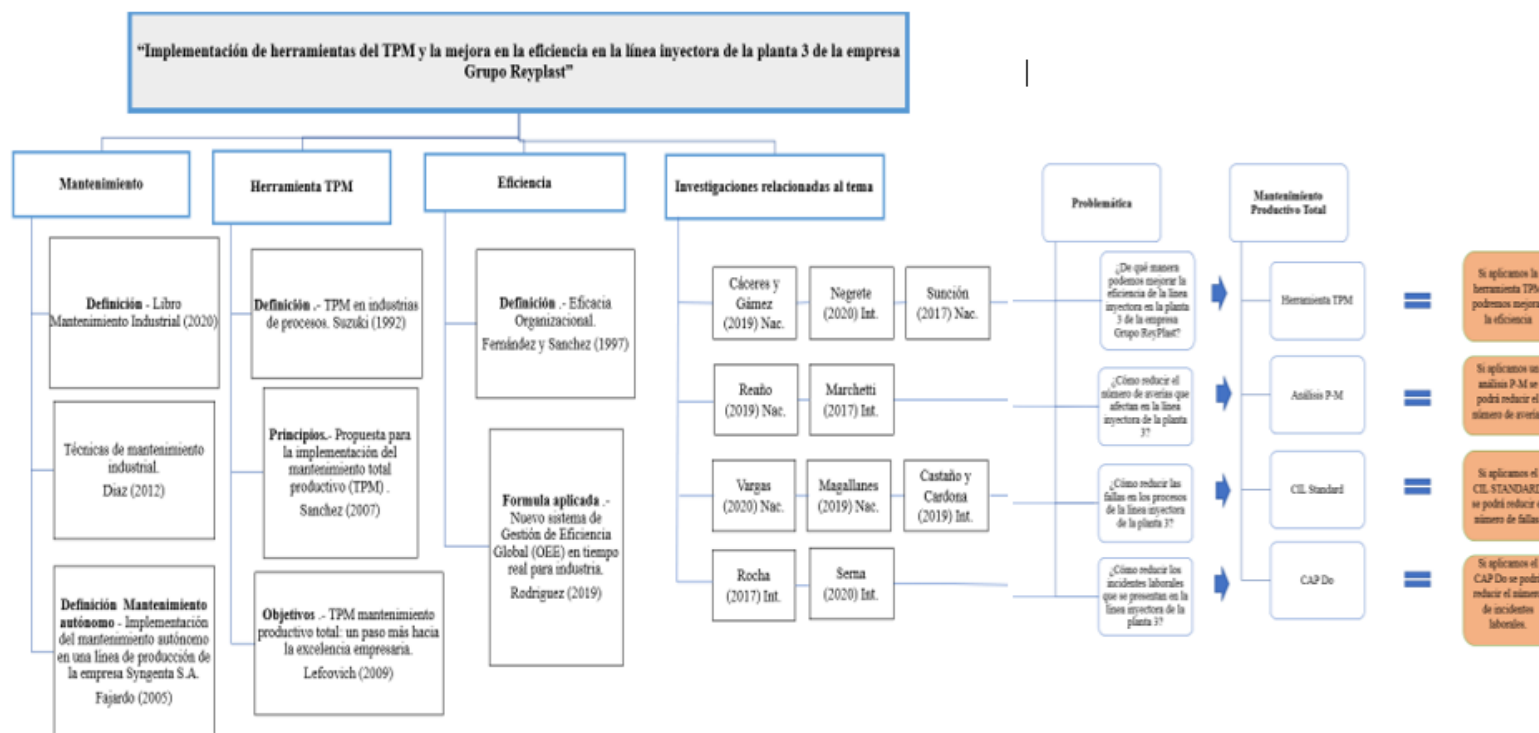


Figura 28. Tabla de fundamentos de sustento de hipótesis

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28, se sustentan las hipótesis con base a los fundamentos teóricos mencionados de fuentes específicas de donde seleccionamos la definición adecuada para los términos específicos a trabajar. Además, se tiene como referencia que, para la principal problemática, 03 investigaciones tanto nacionales como internacionales se tomarán con referencia para poder aplicar los métodos; para la problemática de reducción de averías 02 investigaciones; tercera problemática, tomó 03 referencias y para la última solo 02 investigaciones.

## 2.6. Hipótesis

### 2.6.1. Hipótesis general

Si se implementa la herramienta TPM se mejorará la eficiencia en la línea inyectora de la planta 3 de la empresa ReyPlast.

### 2.6.2. Hipótesis específicas

- a. Si se aplica un Análisis PM entonces se reducirá el número de averías
- b. Si se implementa un CIL Standar entonces se reducirá las fallas en los procesos
- c. Si se implementa un CAP Do se reducirá los incidentes de la línea inyectora

## 2.7. Variables

- a. Independiente
  - Análisis PM
  - Cil Standard
  - CAP Do
- b. Dependiente
  - Número de averías
  - Número de fallas en los procesos
  - Número de accidentes e incidentes laborales
- c. Indicadores
  - Número de averías
  - Número de fallas en los procesos
  - Número de accidentes e incidentes laborales
- d. Matriz de Operacionalización

Las variables independientes como las variables dependientes y sus indicadores, presentadas anteriormente permitieron trasladar el marco metodológico en un plan de acción, donde se pudo determinar en detalle el método a través del cual cada una de las variables serán medidas y analizadas.

En el anexo 04 se muestra la matriz de operacionalización utilizada para el estudio de la investigación.



## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo, método y diseño de la investigación

#### a. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque al aplicar la herramienta Total Productive Maintenance (TPM) se buscará mejorar la eficiencia de la línea inyectora de la planta 03.

Chávez (2007) afirma que la investigación aplicada: “Tiene como fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata mediante acciones concretas para enfrentar el problema”. (p.134).

#### b. Método de la investigación

El presente trabajo de investigación es de método explicativo, porque según indicado por Arias, como interés se requiere identificar las causas que generan efectos negativos en la eficiencia de la línea inyectora.

El método explicativo se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (Arias, 2014, p. 16)

#### c. Diseño de la investigación

Castillo y Olivares (2014) señalan que investigar implica indagar, profundizar e intentar comprender la realidad, por lo que toda investigación, por más simple que sea, requiere una planeación o estrategia previa que oriente, es decir, que vaya guiando en la búsqueda de respuestas a las múltiples preguntas que se han planteado. A esta forma de planificación o estrategia se le denomina diseño. (p. 140)

El diseño de la presente investigación es experimental, esto debido a la manipulación de las variables independientes mediante la implementación de la herramienta TPM, el cual se estudiará el efecto que tiene sobre las variables dependientes mencionadas. De igual manera, es cuasi experimental porque se cuenta con un antes y un después, data pre y data post, los cuales se compararán para ver su variación respecto al tiempo.

d. Enfoque de la investigación

Ñaupas (2018) señala que “el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación” (p.140).

El presente trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo debido a la recolección de datos de las 3 variables de estudio, averías, fallas en el proceso y cantidad de accidentes e incidentes laborales; todo ello, con la finalidad de comparar los datos recogidos durante la etapa pre y post de la implementación, y validar las hipótesis planteadas.

3.2. Población y muestra

Para Castillo y Olivares (2014) la muestra es:

Un subconjunto de los miembros de una población, mientras que la población comprende todos los miembros de un grupo. Suele ser costoso y requiere gran inversión de tiempo evaluar a toda la población de interés ya que se debe tener identificada a la población y a sus miembros para conformar una muestra y generalizar los resultados a toda la población. (p. 128).

Por otro lado, Asti (2015) afirma que: “Una población es el conjunto de todos los casos que integran un grupo de especificaciones (características) predeterminadas” (p. 65). Asimismo, según lo mencionado por Hernández citado en Castro (2003), expresa que "si la población es menor a cincuenta individuos, la población es igual a la muestra" (p.69).

a. Variable Dependiente 01

- Población

Población pre: La población de estudio corresponde a un periodo de 8 semanas desde la semana 17 hasta la semana 24 del año 2022.

Población post: La población de estudio corresponde a un periodo de 6 semanas desde la semana 31 hasta la semana 38 del año 2022.

- Muestra

Muestra pre: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 17 hasta la 24 del presente año.

Muestra post: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 31 hasta la 38 del presente año.

b. Variable Dependiente 02

- Población

Población pre: La población de estudio corresponde a un periodo de 8 semanas desde la semana 17 hasta la semana 24 del año 2022.

Población post: La población de estudio corresponde a un periodo de 8 semanas desde la semana 33 hasta la semana 40 del año 2022.

- Muestra

Muestra pre: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 17 hasta la 24 del presente año.

Muestra post: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 33 hasta la 40 del presente año.

c. Variable Dependiente 03

- Población

Población pre: La población de estudio corresponde a un periodo de 6 semanas desde la semana 19 hasta la semana 24 del año 2022.

Población post: La población de estudio corresponde a un periodo de 6 semanas desde la semana 33 hasta la semana 38 del año 2022.

- Muestra

Muestra pre: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 19 hasta la 24 del presente año.

Muestra post: La muestra será igual a la población durante el periodo de la semana 33 hasta la 38 del presente año.

Tabla 2.  
Cuadro resumen de la población y muestra

Variable Dependiente	Indicador	Unidad de análisis y periodos	Muestra Pre	Muestra Post	
1	Averías	Número de averías	Número de averías manifestadas en la línea inyectora de la planta 03 durante los periodos pre y post test.	Registro del número de averías de la línea inyectora desde la semana 17 al 24 del año 2022	Registro del número de averías de la línea inyectora desde la semana 31 al 38 del año 2022
2	Fallas en los procesos	Número de fallas en los procesos	Número de fallas en los procesos de la línea inyectora de la planta 03 durante los periodos pre y post test.	Registro del número de fallas en los procesos de la línea inyectora desde la semana 17 al 24 del año 2022	Registro del número de fallas en los procesos de la línea inyectora desde la semana 33 al 40 del año 2022
3	Accidentes e incidentes	Número de accidentes e incidentes laborales	Número de accidentes e incidentes ocurridos en la línea inyectora de la planta 03 durante los periodos pre y post test.	Registro de accidentes e incidentes ocurridos en la línea inyectora desde la semana 19 al 24 del año 2022	Registro de accidentes e incidentes ocurridos en la línea inyectora desde la semana 33 al 38 del año 2022

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se muestra un resumen de cada una de las variables de estudio y sus indicadores; asimismo, se muestran los periodos y semanas a tomar como muestra para nuestra data pre y post.

### 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de investigación según Monroy y Nava (2018) es:

El conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método. La diferencia entre método y técnica es que el método es el conjunto de pasos y etapas

que debe cumplir una investigación y este se aplica a varias ciencias; mientras que técnica, es el conjunto de instrumentos. (p. 106)

Hernández, Fernández y Baptista (1997) definen confiabilidad como: “el grado en que su aplicación, repetida al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados, y se determina mediante diversas técnicas” (p. 40).

Por otro lado, García (2016) señala que:

La validez significa saber qué está ocurriendo realmente con la relación entre las variables independientes y las dependientes, o sea, que los cambios en las variables independientes sean los que realmente están provocando las variaciones de las variables dependientes y no la influencia de otras variables extrañas. (p. 113)

Para Castro (2003) menciona que:

Un instrumento de recolección de datos es en principio cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. De este modo el instrumento sintetiza en si toda la labor previa de la investigación, resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados.

Según Rueda (2017) indica que:

El sistema MP9 es un software profesional para control y administración del mantenimiento o CMMS, de sus siglas en inglés Computerized Maintenance Managment System. El objetivo principal del MP9 es ayudarle a administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente, manteniendo toda la información de su departamento de mantenimiento documentada y organizada. (p.17)

Con ayuda del software MP9, se pudo obtener el reporte en formato .XLS (Excel) con el cual se trabajará como objeto de estudio para cada una de nuestras problemáticas. Es decir, se obtuvo el reporte de las averías presentadas por cada máquina y los tiempos que se tardó en darle en solución; así como también las fallas presentadas en los procesos que nos ayudaran con nuestra segunda variable. Por último, también se utilizó un consolidado en formato Excel, el cual contiene el

número de accidentes e incidentes laborales. En el siguiente apartado se especificarán las técnicas a utilizar para la ejecución de cada variable planteada.

1. Variable Dependiente 01 – Número de averías

a. Técnicas e instrumentos

- Técnicas

Para obtener el número de averías durante un determinado periodo de tiempo, se procedió a utilizar como fuente un consolidado de información en formato .XLS (Excel) obtenido a través del software MP9, en la cual se encuentran reflejados los registros de averías en las máquinas.

- Instrumentos

El instrumento utilizado para la variable de estudio será el registro de averías.

b. Criterio de validez del instrumento

El área de planeamiento de la empresa se encarga de consolidar la información en Excel respecto al registro del número de averías; cabe mencionar que los datos lo obtienen a través del MP9.

c. Criterio de confiabilidad de instrumento

La base de datos de la empresa no necesita un criterio de confiabilidad.

2. Variable Dependiente 02 – Número de fallas en los procesos

a. Técnicas e instrumentos

- Técnicas

Para obtener el número de fallas en los procesos durante un determinado periodo de tiempo, se procedió a utilizar como fuente un consolidado de información en formato .XLS (Excel) obtenido a través del software MP9, en la cual se encuentran reflejados los registros de fallas de procesos.

- Instrumentos

El instrumento utilizado para la variable de estudio será el registro de fallas de procesos.

b. Criterio de validez del instrumento

El área de planeamiento de la empresa se encarga de consolidar la información en Excel respecto al registro del número de fallas en los procesos; cabe mencionar que los datos lo obtienen a través del MP9.

c. Criterio de confiabilidad de instrumento

La base de datos de la empresa no necesita un criterio de confiabilidad.

3. Variable Dependiente 03 – Número de accidentes e incidentes laborales

a. Técnicas e instrumentos

- Técnicas

Para obtener el número de accidentes e incidentes ocurridos durante un determinado periodo de tiempo, se procedió a utilizar como fuente un consolidado de información en formato .XLS (Excel), en la cual se encuentran reflejados los registros de accidentes e incidentes laborales.

- Instrumentos

El instrumento utilizado para la variable de estudio será el registro de accidentes e incidentes laborales de la empresa.

b. Criterio de validez del instrumento

La empresa cuenta con un historial de accidentes e incidentes laborales en un registro, el cual acumula una gran data de distintos años.

c. Criterio de confiabilidad de instrumento

La base de datos de la empresa no necesita un criterio de confiabilidad.

Tabla 3.

Técnicas e instrumentos

Variable Dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Averías	Número de averías	Base de datos del software MP9	Software MP9
Fallas en los procesos	Cantidad de fallas en los procesos	Base de datos del software MP9	Software MP9
Accidentes e incidentes laborales.	Cantidad de accidentes e incidentes laborales	Consolidado de accidentes e incidentes laborales en un reporte de Excel.	Registro de accidentes e incidentes laborales

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 03 se muestran las técnicas e instrumentos a emplear para el desarrollo de cada variable dependiente y sus indicadores.

### 3.4. Descripción de procedimientos de análisis

Con las variables y sus indicadores ya establecidos anteriormente, permite medir, analizar y verificar los datos, y así obtener la información suficiente y necesaria para el análisis de los resultados de la investigación. Para ello se desarrolló la matriz de análisis de datos que se muestra a continuación.

Tabla 4.  
Matriz de Análisis de datos

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Averías	Número de averías	Escala de Razón	Media Mediana Desviación estándar	Prueba paramétrica (T-student para muestras relacionadas)
Fallas en los procesos	Número de fallas en los procesos	Escala de Razón	Media Mediana Desviación estándar	Prueba paramétrica (T-student para muestras relacionadas)
Accidentes e incidentes laborales	Número de accidentes e incidentes laborales	Escala de Razón	Media Mediana Desviación estándar	Prueba paramétrica (T-student para muestras relacionadas)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4 muestra la matriz de análisis de datos, en la cual se observa el método de análisis inferencial empleado para cada variable de estudio; es preciso mencionar que, debido a la población de la muestra es menor que 50, se utilizará la prueba T-student.



## Capítulo IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados

Reyplast se encuentra ubicado en el distrito de Ate, provincia de Lima; dedicándose al diseño y fabricación de productos de plástico para diferentes tipos de uso para el hogar, la industria y el comercio, garantizando productos de calidad para el cliente. La empresa peruana actualmente cuenta con diversos clientes a nivel nacional e internacional, exportando productos de alta gama; asimismo, cuenta con una planta en Chile y con aproximadamente 1000 trabajadores a nivel local.

Según Carhuavilca (2021), jefe del INEI, en su reporte anual cuantitativo sobre la situación actual del sector plásticos en el Perú, presentó un gráfico donde indica como el mercado de importaciones tuvo un crecimiento significativo en miles de toneladas durante un periodo de 9 años desde el 2012 al 2020. Mientras que por el lado de las exportaciones el crecimiento ha tenido una variación de hasta 2.4% en aumento en los últimos 3 años.

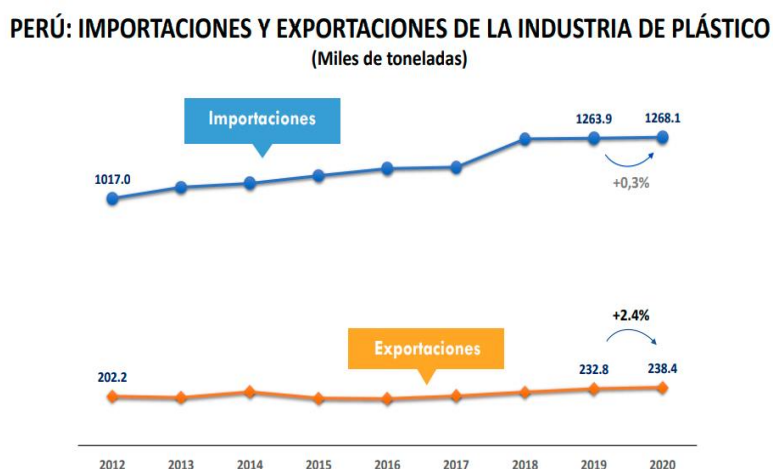


Figura 29. Importaciones y Exportaciones de la industria de plástico  
Fuente: Presentación Congreso Internacional Plásticos – IENI

En la figura 29, se muestra la variación en las exportaciones e importaciones de la industria del plástico en el periodo del 2012 al 2020, se puede observar que en el último periodo se da un incremento en las exportaciones pese a la crisis sanitaria que impacto a nivel mundial.

Misión

Brindar a sus clientes productos de buena calidad, que sean seguros, innovadores, pero sobre todo prácticos para el uso diario en el hogar y/o industria.

#### Visión

La empresa busca ser líder en la producción y venta de artículos plásticos para el hogar, comercio e industria, en el Perú y América Latina. Por ello, cuenta con el área de diseño e innovación de moldes, para la creación de nuevos productos para el cliente.

#### a. Variable, objetivo, hipótesis 01

##### Objetivo específico 01

Implementar un análisis de averías para reducir el número de averías en la línea inyectora de una empresa de industria de plásticos.

##### Situación Antes (Pre Test)

El área de mantenimiento no cuenta con metodologías definidas para un correcto análisis de las averías presentadas en las máquinas inyectoras, considerando que las máquinas CLF 285-TX (1-5) ubicadas en la planta 3 trabajan 24 horas al día. El tiempo de funcionamiento de las máquinas genera un mayor riesgo que se manifiesten averías durante el proceso de producción, afectando el indicador de eficiencia de los equipos.

Para poder analizar los mecanismos que puedan producir averías durante el proceso de producción, es necesario identificar las causas que la originan. Por ello, es importante contar con una metodología de análisis.

##### Muestra antes

Para determinar el número de averías manifestados durante un periodo de 08 semanas, se utilizó como fuente la base de datos obtenida a través del software MP9, el cual es utilizado por la empresa desde hace muchos años como un software de mantenimiento.

Tabla 5.  
Número de averías antes de la implementación

Datos PRE-TEST	Número de averías
Semana 17	13
Semana 18	10
Semana 19	8
Semana 20	9
Semana 21	8
Semana 22	6
Semana 23	7
Semana 24	7

Fuente: Información brindada por la empresa

La tabla 5 muestra el total de averías presentadas por cada semana en las máquinas inyectoras antes de la implementación en un periodo de 8 semanas.

Por otro lado, también pudimos obtener los datos de los tiempos por horas, que se generó por cada avería presentada en los equipos por cada semana, de esta manera se pudo obtener el promedio del tiempo que transcurre entre 2 o 3 averías de la máquina (MTBF), así como también el indicador de la eficacia de la reparación (MTTR).

Tabla 6.  
Reporte de tiempos en reparación de averías en la Máquina CFL 285-TX 1

Máquina CLF 285 tx-1	Tiempo 1era avería por hrs	Tiempo 2da avería por hrs	Tiempo 3ra avería por hrs	Tiempo total dispon.	MTTR	MTBF	Cantidad de averías
Semana 17	10	5	0	24	7.50	4.50	2
Semana 28	11.3	0	0	24	11.30	12.70	1
Semana 19	4	6.5	0	24	5.25	6.75	2
Semana 20	9.5	7	0	24	8.25	3.75	2
Semana 21	3.5	4	8	24	5.17	2.83	3
Semana 22	1	0	0	24	0.00	0.00	1
Semana 23	7.5	0	0	24	7.50	16.50	1
Semana 24	6.7	0	0	24	0.00	0.00	1
TOTAL	53.50	22.50	8.00	192.00	44.97	47.03	13

Fuente: Información brindada por la empresa – Software MP9

La tabla 6 muestra el reporte detallado en los tiempos de reparación de una máquina; asimismo, se puede observar el MTTR y MTBF, los cuales serán desarrollados en manera detallada para su mejor apreciación.

Por ejemplo, para la máquina CLF 285 TX-1, podemos observar la cantidad de averías por semana y las horas que tardaron por cada avería, tener en cuenta que el total del tiempo disponible a trabajar es de 24 horas al día, para la primera semana (semana 17) tiene dos paradas – una de 10 horas y otra de 5 horas, el tiempo perdido es 15 horas (10+5).

El MTBF será entonces se calcularía de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{24 - 15}{2} = 4.5 \text{ hrs}$$

Para calcular el tiempo de reparación del activo averiado, se calculará sumando los 2 tiempos entre el número de averías de la máquina.

$$MTTR = \frac{10 + 5}{2} = 7.5 \text{ hrs}$$

#### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Para la implementación de esta metodología, se comenzará aplicando el primer paso que consiste en aclarar el problema, por ello primero identificamos los principales tipos de averías presentados durante un periodo de 08 semanas, para poder reconocer cuales son los grupos que se formarán se solicitó el apoyo del personal de mantenimiento quienes con sus conocimientos permitirán distinguir las averías que se presentarán.

Luego de tener ya reconocidos los grupos, se comunicará a todo el personal dándole las instrucciones necesarias para que puedan trabajarlo a partir de ahora cada vez que se presente una avería; de esta manera lo que se busca es uniformidad y reducción de situaciones a un solo concepto para así al momento de aplicar la teoría se pueda encontrar con mayor facilidad las opciones que se tienen para darle solución. Además, es importante que todo el personal maneje un conocimiento amplio de cada problema en las máquinas y poder agruparlas.

Tabla 7.  
Tabla de datos para Diagrama de Pareto

TIPOS DE AVERÍAS	CANTIDAD	%	% ACUMULADO
Grietas de tuberías PVC	26	38.24	38.24
Desprendimiento de abrazaderas	10	14.71	52.94
Corrosión de materiales de sujeción	11	16.18	69.12
Repuestos de baja calidad	6	8.82	77.94
Desgaste de faja	7	10.29	88.24
Sensor mal calibrado	8	11.76	100.00
TOTAL (unidades)	68	100.00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se puede observar que este reporte descargado del software se muestran los problemas de una manera general, es decir los datos brindados no cuentan con una adecuada clasificación; por ello, antes de continuar, se procederá a realizar una clasificación por tipo de avería, llámese mecánica, hidráulica, eléctrica, y otros (complementos), según las averías encontradas, cuyo superior a cargo indicó la descripción y conceptos para que se pueda clasificar.

Tabla 8.  
Clasificación de cantidad de averías

Clasificación por grupo de averías	Cantidad	%	% acumulado
Hidráulicas	26	38.24	38.24
Complementos	21	30.88	69.12
Mecánicas	13	19.12	88.24
Eléctricas	8	11.76	100.00
Total (unidades)	64	100.00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observa que, de un total de 64 averías manifestadas en un periodo de 8 semanas, un 38,24% se deben a averías hidráulicas y un 30.88% provenientes de averías en los complementos. Es importante recalcar que es conforme que el mayor índice de averías pertenece al grupo de hidráulicas, a

causa de que las partes con mayor probabilidad a sufrir obstrucciones son las tuberías donde recorre la materia prima.

Después de estar clasificado utilizaremos el diagrama de Pareto para lograr visualizar mediante gráficos la creciente acumulada del porcentaje de averías, así como el desnivel que existe en cada grupo según sus cantidades.

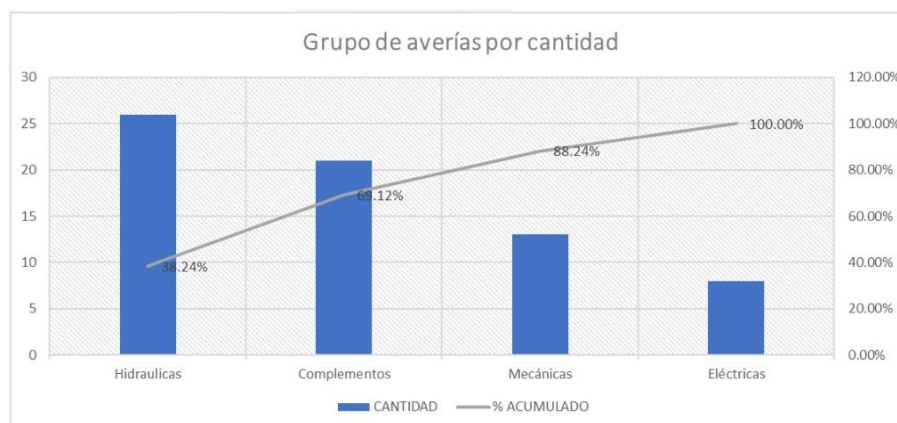


Figura 30. Diagrama de Pareto grupo de averías  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 30 se muestra lo antes mencionado de manera gráfica para una mayor visualización, observándose una mayor incidencia en las averías de tipo hidráulicas. De esta manera decidimos tomar como evidencia de estudio uno de los problemas presentados en el grupo de averías hidráulicas para aplicar el análisis y tomarlo como sustento de efectividad en la implementación teniendo resultados de mejora.

Por otro lado, para lograr una adecuada implementación de un análisis PM, comenzaremos con la clarificación del fenómeno; para ello, se requiere clasificar los grupos de trabajo con sus respectivos participantes; asimismo, se deberá difundir por medio de charlas y/o publicaciones en los periódicos murales, de esta manera se podrá saber a qué grupo pertenece la avería en cuestión.

La siguiente imagen es el formato que se les entregó al personal, dándole la inducción de los nuevos lineamientos que se estarán implementando para la clasificación de grupos de las averías, para tener uniformidad y genera el análisis de manera adecuada, esta clasificación o grupo se colocará en el reporte de avería.

## IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE AVERÍAS

Para poder brindar un mejor servicio de mantenimiento, las causas de las averías se clasificarán solo en 4 grupos: MECÁNICO, ELECTRICO, HIDRAÚLICO, COMPLEMENTOS (OTROS).

Colocar el grupo de avería al generar el reporte, de acuerdo a la siguiente clasificación:

### 1.- Tipos de averías con mayor recurrencia

<b>AVERÍAS MECÁNICAS</b>	Sobrecargas
	Barras de rotor desajustadas
	Devanado de arranque interrumpido
	Desgaste de fija
	Ruidos inusuales en las barras guía
	Ruidos extraños en la caja de engranajes de husillos
	Falla en la caja reductora de velocidad
	Conexión desprendida
<b>AVERÍAS HIDRAÚLICAS</b>	Conexiones internas erróneas
	Tuberías de PVC agrietadas
	Vibración inusual del cilindro hidráulico
	Falla en bomba hidráulica
	Falla en presión de hidráulica de inyección
	Falla en presión de inyección
	Falla en presión de cierre de molde
	Falla en presión de apertura de molde
	Falla en la presión de expulsión de piezas
	Fallas en los parámetros de temperatura
	Resistencia de calentamiento desprendida
	Falla en el control de temperatura
	Roturas de Tuberías
	Fugas
	Válvulas
	Tuberías desprendidas
Falla en PLC	

2.- Tipos de averías con menor recurrencia

<b>AVERÍAS ELÉCTRICAS</b>	Fusibles quemados
	Corto circuito
	Sensores mal calibrados
<b>AVERÍAS EN COMPLEMENTOS</b>	Interrupción de fase
	Fase de carga invertida
	Tapas mal montadas
	Condensador defectuosos
	Abrazaderas o sujetadores desprendidas
	Elementos de sujeción corroídos
	Sobrecalentamiento de motores electricos
	Tolva desajustada
	Tomillos oxidados
	Tolva sucia

Nota:

Cualquier información o duda de alguna avería que no se encuentra dentro de la clasificación indicada, por favor informar a su superior inmediato para orientarlo e indicarle el grupo correcto.

Área de Mantenimiento

Lima 2022

Figura 31. Identificación de causas de averías

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se muestra un boletín informativo, el cual será entregado a los trabajadores para tener una mayor facilidad al momento de clasificar las averías detectadas, estas también se colocarán en los murales cerca de la zona para que puedan servir de guía al personal de igual forma las dudas que se tengan podrán ser consultadas a su supervisor inmediato.

Seguidamente, se deberá dar una breve instrucción al personal respecto a la metodología 5W-1H, que básicamente consiste en colocar la información exacta de lo que se ha visualizado frente a una avería presentada en algún equipo. Es decir, se colocarán preguntas claves que son necesarias para tener claro cuál es la situación actual, las interrogantes serán planteadas básicamente con la teoría 5W (¿Quién?, ¿Qué?, ¿Cuándo?, ¿cuál?) y la 1H (¿Como?), el operario deberá responder según lo observado y brindando información detallada. Este documento de Análisis 5W+1H se adhirió en la parte externa de cada máquina CLF 285 – TX en una mica donde el operario deberá dejar el formato para análisis debidamente llenado.




FORMATO PARA ANÁLISIS 5W + 1H					
Nombre del equipo	CLF285-TX1	Fecha	09/AGO	Turno	TARDE
<b>WHO (¿Quién?)</b> ¿Hay alguna variación entre las personas que participan en la operación? (¿Alguna diferencia entre los turnos de mañana/día/noche?)	OBSERVADO POR EL PERSONAL DE TURNO TARDE DEL AREA DE PRODUCCIÓN				
<b>WHAT (¿Qué?)</b> ¿Alguna variación debida a los materiales de producción? (¿Alguna variación debida a las diferentes dimensiones y formas de las piezas?)	EN EL PROCESO NO SE DIO NINGUNA VARIACION O CAMBIO DE MATERIAL QUE PUEDA ALTERAR EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO				
<b>WHERE (¿Dónde?)</b> ¿En qué proceso y qué elementos de la máquina se produce el problema se produce?	LA AVERIA SE PRESENTO EN UNA TUBERIA DEL SISTEMA HIDRAULICO EN EL PROCESO DE INYECCION.				
<b>WHEN (¿Cuándo?)</b> ¿Alguna variación relacionada con el tiempo o el periodo? (¿El problema se produce al principio del trabajo? ¿En medio?) (¿Hay diferencias horarias asociadas al problema?) (¿Durante qué operaciones es probable que se produzca el problema?) (¿Es probable que el problema se produzca después de los cambios de configuración?)	EL PROBLEMA SE PRESENTO DURANTE EL PROCESO DE INYECCION EN EL TURNO TARDE, CUANDO INGRESABA MATERIAL Y RECORRIA EN LA TUBERIA				
<b>WHICH (¿Cuál?)</b> ¿Existe alguna tendencia característica a lo largo del tiempo? (¿Aumentan o disminuyen los problemas?)	NO SE REALIZO INPECCION CORRECTA A LAS TUBERIAS HASTA LA MANIFESTACION DEL PROBLEMA				
<b>HOW (¿Cómo?)</b> ¿El problema se produce con frecuencia o sólo en raras ocasiones? (¿Aparece de forma brusca o gradual?) (¿Aparece el problema de forma continua o discontinua?) (¿Aparece a intervalos regulares o irregulares?)	EL PROBLEMA SE PRODUCE CON FRECUENCIA Y DE FORMA GRADUAL				
ELABORADO POR:	EWIS ULLA 8970	FIRMA			

Figura 32. Registro de análisis 5W + 1H (Caso estudio)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 podemos observar el reporte que fue entregado por el personal encargado en ese turno de la máquina CLF285-TX1 y que tuvo problemas ya que tuvo que parar su proceso de producción debido a una obstrucción en la tubería del sistema hidráulico y generaba desperfectos en la producción.

Como segundo paso, el cual consiste en estratificar la avería de una máquina desde un punto de vista físico, se detallará las funciones y el proceso que realiza. Es importante especificar su funcionamiento y su relación con el proceso cuando

no presenta un fenómeno anormal en comparación de presentarse una avería, es así como se podrá identificar las diferencias en el proceso y comportamiento de la máquina, esta información debe estar correctamente manejada por el personal calificado; este paso es complemento para recordar cual es el correcto flujo.

La avería se presentó en el sistema hidráulico de la máquina CLF 285 TX-1 que es la parte que debe tener un desempeño confiable y duradero que permita mantener al equipo operando en condiciones óptimas. Durante el proceso de inyección hay diversas aplicaciones en las que el control de movimiento debe ser absoluto, tales como cerrar y abrir el molde, acercar la boquilla de inyección, rotación del husillo y presión de inyección; estas 2 últimas permiten que el plástico granulado pase a ser un estado de plasticidad para luego ser inyectado a los moldes, por ello es importante que el sistema hidráulico esté controlado de lo contrario habrá problemas con la calidad del producto.

Cuando el material inyectado inicialmente al molde comienza a enfriarse, el plástico que aún está siendo inyectado requiere más presión, lo cual significa que se debe aumentar la fuerza suministrada por el cilindro de inyección. Esta presión, al ser leída por sensores, junto con los sensores de desplazamiento del cilindro pueden permitir un control preciso de la fuerza ejercida en el husillo regulándola a través de válvulas proporcionales o servo válvulas y con esto aumentar, mantener o reducir la presión de acuerdo con las necesidades de la máquina.

Un control de flujo y presión hidráulico preciso contribuye significativamente a la calidad del producto y a la optimización de tiempos de ciclo. Un sistema de válvulas y sensores hacen posible controlar estas dos variables críticas en el proceso de inyección.

Continuando con el proceso de análisis P-M, en el tercer paso se deberá indicar las condiciones que dan lugar al problema, es decir, cuáles son las posibles posiciones que puedan ser la zona o articulo que requiera de una reparación inmediata y/o reposición, cual se la mejora que se dará. Para eso se aplicará la teoría de las 4M con el siguiente cuadro:

4M Categoría	Condiciones constituyentes
Equipamiento ( Precisión y fiabilidad)	* Husillo * Cilindro de inyección * Sensor * Sistema Válvulas
Métodos y Estándares	* Aumento de fuerza suministrada de cilindro de inyección * Lectura del sensor * Fuerza ejercida por el husillo * Proceso de regularización del sistema de válvulas
Personas ( Calidad de habilidades aplicadas)	El personal a cargo es evaluado para verificar que tengan conocimiento del equipo y del proceso es decir la experiencia en manejo de las máquinas, además recibe inducción para el manejo correcto. Se notificó a jefatura que se debe controlar que el personal debe reportar las averías de manera honesta, para sincerar los datos.
Material ( Calidad de los procesos anteriores)	No existe inconvenientes con la materia prima que ingresa a la tolva, ya que es auditada con el área de calidad previo al ingreso a este proceso.

Figura 33. Identificación de condiciones constituyentes

Fuente: Elaboración propia

La figura 33 corresponde al paso 3, el cual consiste en identificar las condiciones constituyentes que dan lugar a la avería; para ello, se agrupará por categoría utilizando como teoría las 4M.

Como primera categoría está el equipamiento ahí podemos encontrar a los repuestos que sufren constante fricción tales como el husillo, cilindro de inyección, sensor y sistemas de válvulas; en la segunda categoría de métodos y estándares, están las funciones principales de las zonas del equipamiento y que tienen mayor nivel de complejidad; para la tercera categoría, se precisó en nivel de conocimientos del personal asignado al manejo de las máquinas.

Luego de determinar las condiciones constituyentes, se deberá disgregar cumpliendo el siguiente formato, partiremos por las posibles causas en las 4M, según lo indicado por el operario se pudo apreciar dichos sucesos que será reducidas nuevamente con ayuda del método de las 4M a condiciones constituyentes primarias, dando como resultado del análisis de que está partiendo del desgaste, desajuste y presión excesivas de las tuberías; llegando a la conclusión que la problemática parte del aumento de fuerza suministrada del

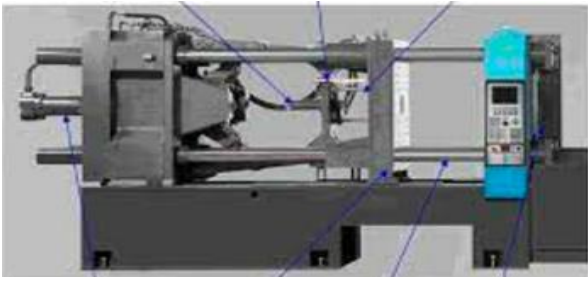
cilindro de inyección; concluyendo como resultado de análisis físico que el cilindro de inyección tiene presión en exceso.

Análisis Físico	Condición Constituyente	4Ms (primary)	4Ms (secondary)
Cilindro de inyección con presión en exceso	* Aumento de fuerza suministrada de cilindro de inyección	* Tubería no ajustada * Presión excesiva * Tubería desgastada	* Ajustar resortes de conexión de tuberías * Nivelador de presión con desajuste eléctrico * Reemplazo de tubería sin periodo de tiempo determinado
←	←	←	←
Effect	Cause / Effect	Cause / Effect	Cause

Figura 34. Análisis de condiciones constituyentes  
Fuente: Elaboración propia

La figura 34 muestra el análisis de condiciones que constituyen la avería en una máquina inyectora como lo mencionado. Una vez aplicada los 4M empezaremos a definir normas, guiándonos de instrucciones de operación como manuales o registros de estándares de calidad, de esa manera verificaremos cual es la variación en las funciones de las piezas. Estableceremos un formato de Análisis PM, para poder analizar cada anomalía con profundidad.

**Comprobar elementos**



Se realizó la verificación estandar del proceso del sistema hidraulico. Se debe investigar el ajuste adecuado por cada salida e ingreso de las tuberías, investigar el nivelador de presión y su configuración electrónica, se observó el tipo de limpieza y los tiempos en los que se realiza

Figura 35. Análisis de comprobación de elementos  
Fuente: Elaboración propia

La figura 35 corresponde al paso 5, el cual consiste en visualizar el estándar del trabajo de operación donde se seleccionarán las condiciones con mayor influencia o actividad en el proceso que perjudican el estado óptimo de la máquina, de esta manera se comprobarán los elementos. En ella podemos visualizar las zonas afectas y en estudio, la observación de la máquina la dieron el operario que presencié la avería y el personal de mantenimiento, el tiempo que tardan en revisar es de 30 min aproximadamente como mínimo dependiendo la gravedad de la avería.

Para el paso 6, luego de observar los problemas relevantes se realizará la investigación de cada condición para verificar si se está cumpliendo correctamente y si no existe anomalías. Es necesario asegurarse que cada condición no presenta problemas, tanto observándolo físicamente como revisando su proceso de inspección.

<b>Investigación</b>
<b>Investigación de ajustes de Ingreso y salida de tuberías</b> 1. Desajuste de tuberías
2. Configuración de nivelador distorsionado
<b>Investigación de estado útil de los repuestos y el tipo de limpieza</b> 3. Se investigó el plan de mantenimiento de limpieza
4. Tuberías y repuestos desgastado

*Figura 36. Identificación de causas de averías*  
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 36, se muestra la investigación desglosada según lo revisado físicamente lo dañado en la máquina; se decidió dividirlo en 2 tipos de investigaciones como título general; la primera es la investigación, se realizó en los ingresos del material a la máquina y la zona de salida, ahí se observaron 2 tipos de irregularidades el desajuste de tuberías y la que el nivelador tenía el sistema de configuración distorsionado; la segunda es la investigación del estado de los repuestos y el tipo de limpieza, aquí nos percatamos que la tubería se encontraba desgastada, además no presentaba un correcto programa de mantenimiento de limpieza externo e interno.

Para el siguiente paso de evaluación, nos guiaremos de una leyenda instructiva referidas en la parte superior del Formato de Análisis PM, se calificará de la siguiente manera:

Se calificará con un *círculo* cuando la condición observada no presente anomalías; se representará con un *aspa* las situaciones que presenten un inconveniente que originen averías, pero no al nivel de generar un paro de máquinas, es decir pasaran solo por revisión para evitar futuras averías se representarán; por último, se calificará con un *triángulo* aquellas situaciones que sea las causas de la avería en mención y que requirieren de una solución de mejora.




	No Anomalías
	Revisar
	Implementar Contramedidas

Figura 37. Leyenda de clasificación de condiciones  
Fuente: Elaboración propia

La figura 37 muestra la leyenda de clasificación de observaciones de anomalías, colocándose un aspa a condiciones que puedan desencadenar averías en las máquinas.

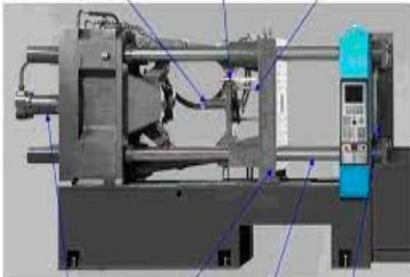
ANÁLISIS P-M				Fecha : Datos del responsable :				
Fenómeno	Análisis Físico	Condiciones Constituyentes	Correlaciones primarias 4M	Comprobar elementos	Investigación	Evaluación	Resultados	
Fuga en la tuberías del sistema hidráulico de la máquina CLF 285 TX-1	1. Aumento de Fuerza suministrada en el cilindro de Inyección	1.1. Tubería no ajustada	1.1.1. Ajustar resortes de conexión de tuberías.		Investigación de ajustes de ingreso y salida de tuberías. 1. Desajuste de tuberías	No existe desajuste de tuberías	●	No presenta anomalías
			1.1.2. Nivelador de presión con desajuste eléctrico		2. Configuración de nivelador distorcionado	El nivelador de presión no ha sido revisado por el técnico de la empresa proveedora de las máquinas	✘	Se coordinará revisión
			1.2.3. Manipulación errónea en limpieza		Investigación de estado útil de los repuesto y el tipo de limpieza 3. Se investigó el plan de mantenimiento de limpieza.	No tiene un plan de mantenimiento de limpieza o una técnica adecuada para limpiar el equipo	▲	<b>Implementación de Plan de mantenimiento de limpieza</b> Se aplicará el CIL estándar para cada equipo por periodo de 2 semanas, se implementará Check list por zonas de la máquina.
		1.2. Tubería desgastada	1.2.1. Reemplazo de repuesto de tubería sin periodo de tiempo determinado		Se realizó la verificación estándar del proceso del sistema hidráulico. Se debe investigar el ajuste adecuado por cada salida e ingreso de las tuberías, investigar el nivelador de presión y su configuración electrónica, se observó el tipo de limpieza y los tiempos en los que se realiza.	4. Tuberías y repuestos desgastado	Repuestos de tuberías con algunas grietas	▲

Figura 38. Análisis P-M  
Fuente: Elaboración propia

La figura 38 representa el formato final, el cual muestra los 8 pasos explicados anteriormente; se puede observar el análisis P-M para la avería detectada en la máquina CFL 285 TX-1, fuga en los sistemas de tuberías del sistema hidráulico.

En la evaluación no existe anomalías en los ajustes de las tuberías, eso fue medido por el personal de mantenimiento y descartado para reparación, se pidió realizar un mantenimiento preventivo para el nivelador de presión que no a sido revisado por el técnico de la empresa proveedora. Las anomalías detectadas fueron el desgaste del repuesto de tuberías, se solicitó al área logística un requerimiento para la compra de nuevos materiales para no afectar la vida útil de la máquina; otra causa de la avería fue la falta de limpieza de la zona que no es visible, se programó un plan de mantenimiento de limpieza Cil Standar como solución de mejora a largo plazo.

#### Situación Después (Post Test)

En el proceso de implementación del análisis PM, luego de la toma de datos, en un principio realizar los pasos para generar el análisis se tornaban dificultoso para el personal a cargo, para ello los encargados en cada máquina acompañaban e instruían paso a paso la manera correcta de la implementación de esta manera el personal empezó a sentir más confianza y seguridad para poder realizarlo.

De esta manera se pudo observar que progresivamente el área de la línea inyectora mejoraba con un proceso de mantenimiento con mayor especificación y teniendo con soluciones más amplias. Darles la inducción, con respecto a la forma en como clasificar e identificar en primera instancia por los grupos de averías, permitió que el concepto de avería se unifique y se pueda mejoras con mayor rapidez.

Pudimos observar el nivel de capacidad de solución del personal de mantenimiento, que es alta y que con la ayuda del análisis PM no perdían tiempo en inspeccionar cada posible causa tomando mayor tiempo de para de la máquina, las mejoras eran a largo plazo y con reducción de costos en muchos casos de esta manera la máquina presentaba menos averías por cada semana que pasaba.



Al tomarnos 6 semanas para la implementación, los trabajadores se familiarizaron con el proceso, de esta manera la línea de producción estaba con mayor orden y con menos cuellos de botella.

Para poder medir la mejora, se evaluará el promedio de número de averías durante el proceso de implementación y los resultados post muestra, es decir, la cantidad de averías que se descarga del software MP9 luego de la implementación del análisis P-M, generando un gráfico donde se observa el decrecimiento de situaciones que originan el paro de las máquinas CLF 285 TX para la producción de productos de plásticos.

Muestra después

Tabla 9.  
Número de averías después de la implementación

Datos POST TEST	Número de averías	Promedio
Semana 31	4	2.75
Semana 32	1	2.75
Semana 33	3	2.75
Semana 34	4	2.75
Semana 35	3	2.75
Semana 36	3	2.75
Semana 37	2	2.75
Semana 38	2	2.75

Fuente: Información brindada por la empresa – Software MP9

La tabla 9 muestra la cantidad de averías detectadas en un periodo de 8 semanas después de la implementación; cabe mencionar que, los datos pre fueron sincerados a las cantidades verídicas para poder notar la variación real, al igual que para la toma de muestras de datos pre, para las muestras Post-Test se tasó 8 semanas.

Tabla 10.  
Plan de acción de actividades – objetivo específico 1

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cómo?
Análisis de la cantidad de averías presentadas en las máquinas de la línea inyectora	Ericka Tiburcio / Carlos Nano	Abril 2022 - mayo 2022	Línea Inyectora - Planta 3	Reducir el número de averías en las máquinas CLF 285 TX para reducir el tiempo de paradas por cada avería.	Aplicación de análisis P-M con el desarrollo correcto en cada parte de la zona averiada, análisis de los tiempos reducidos, análisis de tiempos de atención a la avería.
Identificación de averías	Encargado Mantenimiento / coordinadores y supervisores	Junio 2022 - Julio 2022			
Implementación de Análisis P-M	Ericka Tiburcio / Carlos Nano	Julio 2022 - septiembre 2022			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestra una matriz 5W+1H, en la cual se plasmó el plan de acción realizado para la implementación del objetivo específico 1, tomando de manera resumida la secuencia de actividades ejecutadas para la reducción del número de averías de la línea inyectora de la planta 3.

Tabla 11.  
Datos post en referencia de tiempos por averías en cada semana

Máquina CLF 285 tx-1	Tiempo 1era avería por hrs	Tiempo 2da avería por hrs	Tiempo 3ra avería por hrs	T. Total disponible	MTTR	MTBF	Cantidad de averías
Semana 31	0	0	0	24	0.00	0.00	0
Semana 32	0	0	0	24	0.00	0.00	0
Semana 33	5	0	0	24	5.00	19.00	1
Semana 34	4.2	0	0	24	4.20	19.80	1
Semana 35	0	0	0	24	0.00	0.00	0
Semana 36	3.4	0	0	24	3.40	20.60	1
Semana 37	5	0	0	24	5.00	19.00	1
Semana 38	0	0	0	24	0.00	0.00	0
Total	17.60	0.00	0.00	192.00	17.60	78.40	4

Fuente: Información brindada por la empresa - Software MP9

La tabla 11 muestra como ejemplo los tiempos de averías detectados en la máquina CLF 285 TX-1, en la cual se puede observar que, si bien se reducen la cantidad de averías, también se reducen los tiempos que se tardan en reparar la máquina y lo podemos medir con el indicador principal en el mantenimiento que es el MTTR.

Por otro lado, se observó que en un periodo de 8 semanas el MTTR de la CLF-TX-1 fue de 45 horas antes de la implementación, y después de haber implementado el análisis P-M, el MTTR se redujo a 17.6 horas, es decir un total de 44.6 % del total, esto denota que el tiempo de reparación es menor y por lo tanto hay una mayor disponibilidad del mismo.

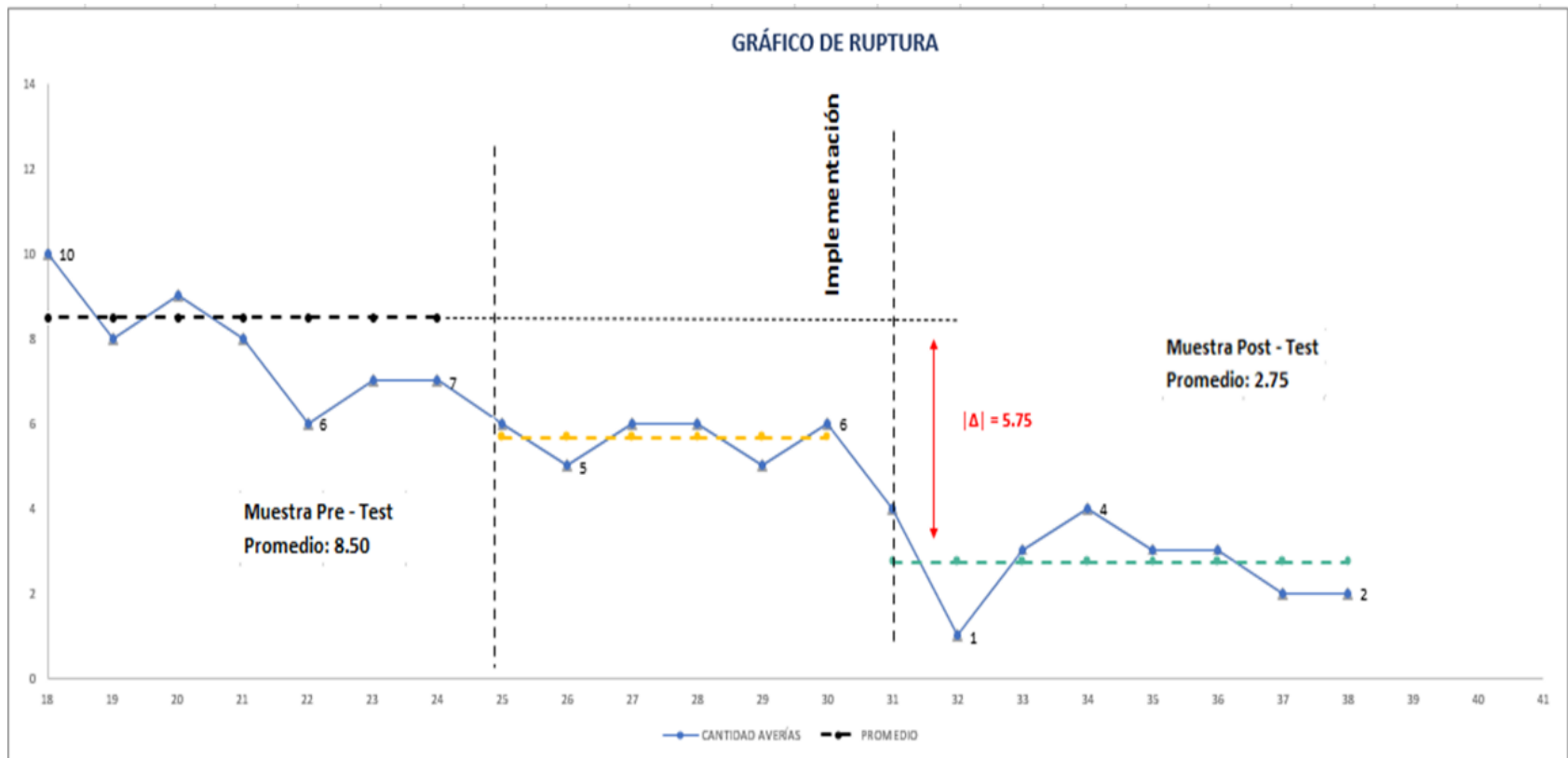


Figura 39. Gráfico de ruptura de averías por semana  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 39, se puede observar un declive en la semana 32 donde solo se presentó una avería, esto provocó que los operarios de mantenimiento adopten más confianza en el método de análisis de P-M, puesto que, consideran que han podido llegar a un mínimo considerable, limitando las posibles ocurrencias de averías a corto plazo. Asimismo, la diferencia de promedios entre los datos pre y post es de 5.75, el cual nos indica que se logró tener un impacto positivo en la variable de estudio.

b. Variable, objetivo, hipótesis 02

Objetivo específico 02

Implementar CIL Standar para reducir las fallas en los procesos de la línea inyectora de una industria de plástico.

Situación Antes (Pre Test)

Se observó que las fallas en los procesos de las máquinas inyectoras de la planta 3 son frecuentes; también, se logró determinar que, no se realiza el reporte oportuno debido a la falta de conocimiento por parte del personal en la identificación de anomalías y consecuencias; por ello, es necesario implementar la herramienta CIL, para poder tener mayor claridad en la identificación de las fallas en los procesos que se puedan presentar.

Asimismo, debido al bajo número de fallas en el proceso reportadas por el personal operativo y de mantenimiento, no se consideraba la situación como fuera de control, por ende, no se realizaban reuniones para la investigación de las causas; cabe mencionar que, el área no contaba con formatos y guías que puedan ayudar al personal operativo, técnicos y encargados, en la identificación oportuna de las fallas en los procesos que presentan las máquinas de la línea inyectora.

Muestra antes

Para obtener la cantidad de fallas en el proceso durante un periodo de 8 semanas, se utilizó como fuente la base de datos del software de mantenimiento MP-9, el cual es utilizado por la empresa desde hace varios años como un software de mantenimiento, en el cual se hacen los registros de las averías, ingreso de orden de trabajos ejecutadas, correcciones de fallas en el proceso y otros. A continuación, se mostrará el reporte de fallas en los procesos de las máquinas inyectoras CLF-285-TX.

Tabla 12.  
Número de fallas en el proceso antes de la implementación

Datos PRE-TEST	Número de Fallas
Semana 17	10
Semana 18	12
Semana 19	9
Semana 20	11
Semana 21	8
Semana 22	10
Semana 23	9
Semana 24	12

Fuente: Información brindada por la empresa

La tabla 12 muestra el número de fallas en el proceso por semana antes del periodo de implementación, en la cual se observa que, el mayor número de fallas en el proceso se dieron en la semana 18 y 24, y el menor número se dio en la semana 21.

#### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Para lograr una adecuada implementación de la herramienta CIL STANDARD, se comenzará con la difusión del proyecto a los jefes y encargados, quienes serán nuestro respaldo durante toda la implementación; asimismo, se deberá coordinar los parámetros de la investigación.



*Figura 40. Reunión para fijación de parámetros*  
Fuente: Fotografía tomada en la oficina de mantenimiento

La figura 40, se puede observar una reunión realizada en el 2do piso del área de mantenimiento, en la cual se contó con la participación de los jefes y encargados del área de mantenimiento y planta; dicha reunión se realizó con la finalidad de fijar parámetros para la implementación de herramientas del TPM.


Después, para tener un mayor alcance y precisión en las inspecciones diarias, se elaboró un formato más específico para ser ejecutado por los supervisores y/o técnicos encargados de la línea inyectora; asimismo, para lograr un mayor orden se clasificó los criterios y/o zonas de inspección como: complementos, sistema de lubricación, sistemas de transmisión, sistemas hidráulicos, sistemas neumáticos, sistemas eléctricos y generales. Cada una de las clasificaciones mencionadas contiene una serie de preguntas orientadas para la identificación de anomalías en las máquinas; asimismo, para que la observación sea levantada en el menor tiempo posible se realizó la aplicación de tarjetas de señalización que varían el color según su variedad, siendo blancas y verdes para problemas menores que pueden ser solucionados por los operarios y rojas cuando requieren una intervención técnica especializada por parte del área de mantenimiento.

Check list - Limpieza diaria												
Maquina:	CLF 285 TX-1											
Fecha:	28/02/2022 a 12/02/22											
Detalle de inspección	1		2		3		4		5		6	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Unidad de inyección, moldes de máquina y unidad de cierre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cilindro hidráulico y sistema de alimentación.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
¿Se observan residuos de aceite en la zona de trabajo?	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	✓
¿El boton de emergencia de la maquina se encuentra en buen estado?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Guardas de seguridad de máquina	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
Fugas de oleoductos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
Iluminación de las máquinas	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Puerta de seguridad neumática	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elementos de sujeción	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Alarmas en el panel de control	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Parametros de presión adecuados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Supervisores encargados de registro por turno												
Apellidos y nombres	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma	Firma
Alfonso Hugo Becerra	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]	[Firma]

Figura 41. Check list – Limpieza Diaria  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 41, se muestra el registro de inspección de limpieza diaria realizado en la máquina CLF-285-TX-1, la cual se encuentra ubicada en la planta 3; cabe mencionar que, las inspecciones son ejecutadas por el personal operativo y verificadas por el supervisor de turno.



 <b>Check list inspección máquinas</b>					
Máquina:	02 205 300 1				
Fecha:	11/05/2024				
Turno:	Noche				
Responsable:	Nicolaj Ivan, Alejandro, Reynald				
Clasificación	Condiciones de trabajo y seguridad	SI	NO	NA	Obs.
<b>Complementos</b>					
Fierros, tuercas y arandelas	¿Las tuercas o pernos se encuentran flojos?	X	X		si está el momento
	¿Faltan algunas tuercas o pernos en la máquina?		X		
	¿Las pernos sobresalen de las tuerca de manera excesiva?		X		
	¿Se usan arandelas planas en orificios grandes?	X			
	¿Los mecanismos de proximidad (sensores) se encuentran asegurados con al menos dos pernos?	X			Un solo perno
	¿Las tuercas o pernos presentan oxidación?	X			si está el momento
<b>Lubricación</b>					
Almacenaje	¿Los depósitos de lubricantes se encuentran limpios, ordenados y bien organizados?		X		depende de la zona
	¿Están siempre tapados los contenedores de lubricante?		X		como el momento
	¿Están correctamente rotulados los tipos de lubricante y se contrasta apropiadamente el stock?	X			depende de la zona
Entrada de lubricantes	¿Se mantienen siempre limpias las boquillas de grasa, los conductos de lubricante y la bomba de aceite?		X		se debe limpiar a menudo
	¿Están los conductos de lubricante correctamente etiquetados con los tipos y cantidades de lubricantes?	X			
Indicadores de nivel de aceite	¿Se mantienen limpios siempre los calibres de nivel de aceite, y es fácil ver los niveles de aceite?		X		se debe limpiar
	¿Está claramente marcado el nivel de aceite?	X			
Mecanismos de lubricación automática	¿Está el equipo libre de fugas de aceite, y sin obstrucciones los tubos de aceite y válvulas de respiración?		X		se debe limpiar
	¿Operan correctamente los mecanismos automáticos de lubricación y suministran la cantidad correcta de lubricante?	X			
Condición de lubricación	¿Hay algún tubo de aceite o grasa oxidado, hendido o machucado?		X		
	¿Están siempre limpias y bien lubricadas las piezas rotatorias, deslizantes, y transmisiones (p.e. cadenas)?	X			
	¿Están los alrededores libres de contaminación por exceso de lubricante?		X		se debe limpiar

Sistemas de Transmisión					
	SI	NO	NA	Obs.	
Correas y poleas	¿Hay correas desgastadas, flojas, con acuitamientos, o contaminadas por aceite o grasa?		X		
	¿Hay correas flojas o esquivadas excesivamente?		X		
Engranajes	¿Están los engranajes apropiadamente lubricados con la cantidad correcta de lubricante? ¿Están limpias las alrededores?	X			
	¿Hay algún diente desgastado, roto, dañado, o agrietado?		X		
	¿Hay algún ruido o vibración anormales?		X		
Sistemas de Hidráulico					
	SI	NO	NA	Obs.	

Unidades hidráulicas	¿Está en la reserva hidráulico la cantidad correcta de fluido, y se indica el nivel correcto?	X			
	¿Están todos los orificios de aire y filtros limpios?	X			
	¿Está bloqueado algún filtro de succión?		X		
Intercambiador de calor	¿Operan normalmente todos los bombas de fluido sin ruido o vibración inusuales?	X			
	¿Hay alguna fuga de agua o fluido en los tubos o refrigeradores de fluido?	X			si está el momento
líquido hidráulico	¿Son correctas las diferencias de temperatura entre las entradas y salidas de agua y fluido? ¿Está bloqueado algún tubo?	X			
	¿Hay alguna fuga de fluido?		X		
	¿Están apropiadamente asegurados los mecanismos hidráulicos, un alguna fijación improvisada?	X			se debe asegurar bien
Tubera y cableado	¿Operan correctamente los mecanismos hidráulicos sin pérdidas de velocidad o alimentación?	X			
	¿Son correctas las presiones hidráulicas, y funcionan correctamente todos los calibres de presión (puntas cava, desviación)?	X			
	¿Están todos los tubos y mangueras debidamente fijados?	X			se debe asegurar bien
	¿Hay alguna fuga de fluidos? ¿Hay alguna manguera fisurada o dañada?		X		
	¿Funcionan correctamente todas las válvulas? ¿Es fácil ver si las válvulas están abiertas o cerradas?	X			
	¿Hay tubos, cables o válvulas innecesarios?		X		

Sistemas Neumático		SI	NO	NA	Obs.
Equipo neumático	¿Hay alguna fuga de aire comprimido de los cilindros neumáticos o válvulas solenoides?		X		
Equipo neumático	¿Hay solenoides?	X			
	¿Están en uso algunos arreglos improvisados (cable, cinta adhesiva etc.)?		X		
	¿Hay algunos pistones sucios, desgastados o dañados?		X		
	¿Están instalados los controladores de velocidad inmediatamente cerca?	X			
	¿Hay algún ruido anormal o sobrecalentamiento en las válvulas solenoides, o algunos cables conductores rayados o estirados en exceso?		X		
Tubería y cableado	¿Hay puntas en los tubos o mangueras neumáticas propensas a acumular fluido?		X		
	¿Hay todos los tubos y mangueras firmemente sujetas?	X			Difusores
	¿Hay alguna fuga de aire comprimido? ¿Esta alguna manguera resurada o dañada?		X		
	¿Operan correctamente todas las válvulas? ¿Es fácil ver si las válvulas están abiertas o cerradas?	X			
	¿Hay tubos, cables o válvulas innecesarios?		X		
Sistemas Eléctrico		SI	NO	NA	Obs.
Paneles de control	¿Se mantienen las interiores de los tableros de distribución, tableros de conmutadores, y paneles de control limpios, pulidos y bien organizados?	X			
	¿Están en buenas condiciones los cables del interior de los paneles de control? ¿Hay cables enroscados o sueltos?	X			
	¿Están en buenas condiciones las puertas de los paneles de control?	X			
	¿Abren y cierran correctamente?	X			
	¿Funcionan correctamente todos los amperímetros y voltímetros y están claramente marcados?	X			
Equipo eléctrico	¿Están todos los motores libres de sobrecalentamiento, vibraciones, ruidos o olores inusuales?	X			
Equipo eléctrico	¿Están limpios todos los ventiladores y aletas de enfriamiento de motores?	X			
	¿Hay algún signo de unión floja? ¿Están libres de fisuras o daños los pedestales?		X		
Sensores	¿Están limpios y libres de holguras excesivas todos los sensores de límite?	X			
	¿Están limpios los interiores de los sensores de límite? ¿En su estado siguen cable?	X			
	¿Están incorrectamente instalados algunos sensores de límite?		X		
	¿Están los sensores fotoeléctricos y los de proximidad limpios y libres de holguras excesivas?	X			
	¿Hay algún sensor mal posicionado? ¿Están claramente indicadas las posiciones correctas?		X		
Tubería y cableado	¿Están libres de desgastes o rasaduras todos los cables conductores, y el aislamiento intacto en los puntos de entrada?	X			
	¿Hay tubos, hilos, o cables de energía flojos o no asegurados?		X		
	¿Hay alguna toma de tierra dañada o desconectada?		X		
	¿Hay tubos oxidados o dañados? ¿Hay cables que tengan dañado el aislamiento?		X		
	¿Hay cables entallados sobre el suelo o colgando de forma insegura?		X		

Propósito general		SI	NO	NA	Obs.
Bombas reversa	¿Están las bombas y sus soportes libres de ruidos inusuales, vibración y holguras?	X			
	¿Están los brazos de anclaje asegurados, libres de corrosión y sin daños?	X			
	¿Están los soportes y pedestales libres de corrosión, flexión, y otros daños?	X			
Bombas general	¿Hay alguna fuga de líquidos o dispersión desde juntas o válvulas?		X		
	¿Están observados algunos tubos o válvulas?		X		



Figura 42. Check list Inspección de máquina  
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, una vez identificada la avería se procede a realizar el levantamiento inmediato de la observación, el cual depende del color de la tarjeta asignada, puesto que el color indica tipo o magnitud de la anomalía detectada y el responsable del levantamiento.



*Figura 43. Personal de mantenimiento levantando la observación*

Fuente: Elaboración propia

En la figura 43 se puede observar una avería en la máquina a causa de una ruptura en la tubería hidráulica; asimismo, se muestra la intervención por parte del área de mantenimiento para el levantamiento de la observación.

#### Situación Después (Post Test)

Después de la implementación de la herramienta CIL Stándar, se evidenció un incremento en el número de fallas en los procesos debido al sinceramiento de la data; no obstante, al término de la implementación y las medidas correctivas adoptadas para reparar las anomalías, se obtuvo un declive considerable en la gráfica.

Asimismo, poner en práctica la clasificación del tipo de falla según corresponda el color asignado (rojo, blanco y verde) de las tarjetas para la identificación de normalidades, mostró un mayor involucramiento y compromiso por la parte operativa facilitando el orden y rapidez para buscar una solución.

Para medir la mejora, se evaluará el promedio de número de fallas durante el proceso de implementación y los resultados post muestra, es decir, la cantidad de fallas en el proceso que se descarga del software MP9 luego de la implementación de la herramienta Cil Standar, generando un gráfico donde muestra el crecimiento y decrecimiento de las fallas presentadas.

Muestra después

Tabla 13.  
Número de fallas en el proceso después de la implementación

Datos POST TEST	Número de Fallas
Semana 33	10
Semana 34	11
Semana 35	10
Semana 36	8
Semana 37	5
Semana 38	7
Semana 39	5
Semana 40	2

Fuente: Información brindada por la empresa.

La tabla 13 muestra la cantidad de fallas en el proceso detectadas en un periodo de 8 semanas después de la implementación; cabe mencionar que, la implementación del CIL Standar nos permitió sincerar la data a las cantidades reales debido a la aplicación de formatos de inspección, lista de chequeo y otras herramientas de ayuda para el personal.

Tabla 14.

Plan de acción de actividades – objetivo específico 2

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cómo?
Difusión y coordinación con los jefes, encargados y gerencia.	Carlos Nano	Abril 2022 - mayo 2022	Línea Inyectora - Planta 3	Para reducir el número de fallas en el proceso de las máquinas inyectoras, tales como: fugas de aceite, derrames, fallas hidráulicas y otros.	Elaboración de un programa de limpieza e inspección aplicando la herramienta CIL STANDAR, brindando formatos, check list, tablas de clasificación de fallas, charlas y otros.
Análisis de cantidad de fallas en el proceso y clasificación.	Carlos Nano	Junio 2022 - julio 2022			
Clasificación de tipos de fallas en los procesos.	Ericka Tiburcio / Carlos Nano	Julio 2022 - septiembre 2022			
Implementación de formatos, check list de inspección, limpieza y otros.	Carlos Nano				
Seguimiento al levantamiento de observaciones y/o anomalías	Carlos Nano				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se plasmó dentro de una matriz 5W + 1H el plan de acción realizado para la implementación del objetivo específico 2, tomando de manera resumida la secuencia de actividades ejecutadas para la reducción del número de fallas en el proceso de la planta 3.

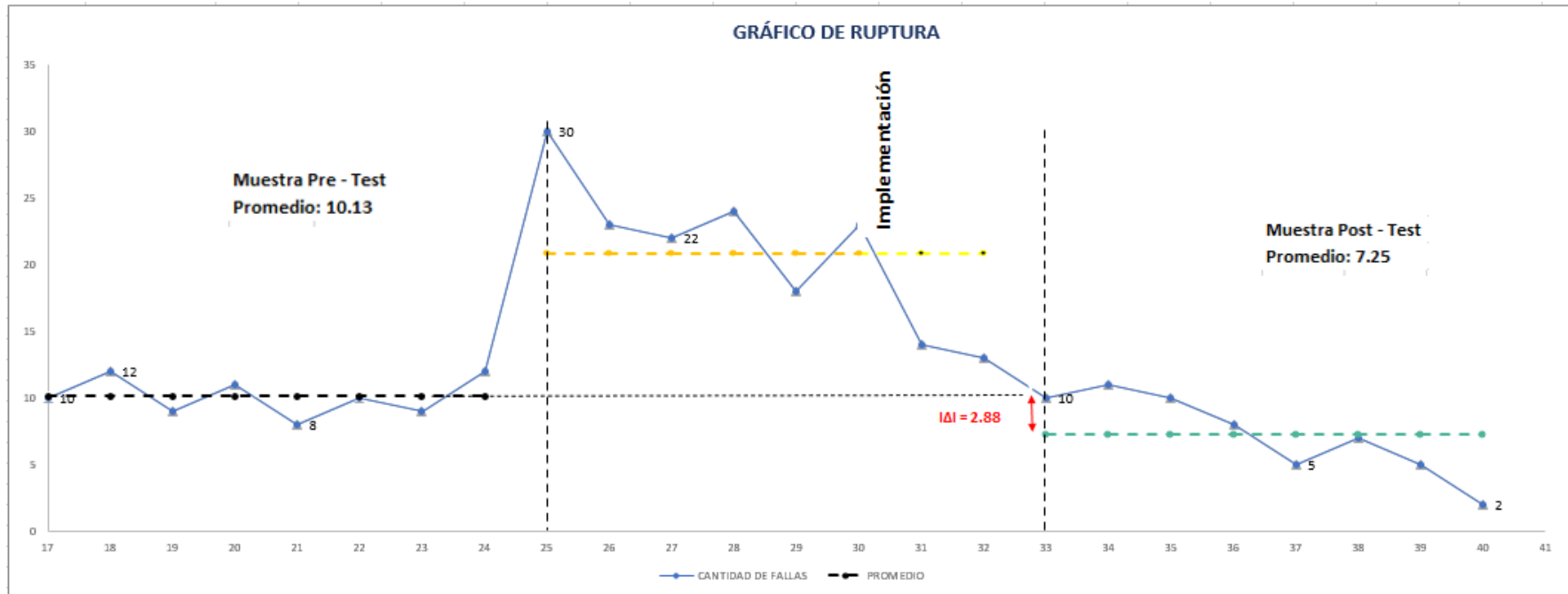


Figura 44. Gráfico de reducción de fallas por semana  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 44, se puede observar la variación de fallas en el proceso ocurridas durante la semana 17 hasta la semana 24, cuyo promedio es de 10.13 en una muestra de 8 semanas. Asimismo, se puede observar que, durante el periodo de implementación, ocurre un incremento en el reporte de fallas debido al sinceramiento de la data, teniendo como pico más alto de 30 fallas en la semana 25 y disminuyendo gradualmente hasta el periodo de la semana 33 hasta la semana 40, en el cual se tuvo un promedio de 7.25 fallas, presentando su pico más bajo en la última semana 40 con 2 fallas por el total de máquinas.

c. Variable, objetivo, hipótesis 03

Objetivo específico 03

Implementar el CAP Do para reducir el número de accidentes e incidentes laborales en la planta 3.

Situación Antes (Pre Test)

El área de producción que es objeto de estudio carece de una herramienta de mejora continua que permita la reducción de condiciones inseguras dentro de la zona de trabajo, puesto que, durante el periodo de toma de datos de 6 semanas, se identificó un elevado número de accidentes e incidentes laborales en diferentes máquinas. Por ello, es necesario implementar la herramienta CAP Do para mejorar las condiciones de trabajo, Los accidentes siguen perjudicando a la línea inyectora debido a que las actividades de seguridad suelen ser algo ritual y poco significativo, esto se origina cuando las actividades no son sistemáticas, esporádicas, y no institucionalizadas apropiadamente.

Muestra antes

Tabla 15.  
Número de accidentes e incidentes antes de la implementación

Datos PRE-TEST	Número de Accidentes e Incidentes	Promedio
Semana 19	10	7.83
Semana 20	09	7.83
Semana 21	07	7.83
Semana 22	08	7.83
Semana 23	06	7.83
Semana 24	07	7.83

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 15 muestra el número de accidentes e incidentes laborales ocurridos durante un periodo de 6 semanas antes de la implementación, en la cual se observa que la mayor incidencia se presenta en la semana, y la menor en la semana 23.

#### Aplicación de la Teoría (Variable Independiente)

Para lograr minimizar el número de accidentes e incidentes laborales en la planta 3 se aplicó los 7 pasos del CAP Do en el mantenimiento autónomo, que es pilar principal de la herramienta TPM.

Iniciamos por la limpieza, para este inicio se cumplió 3 actividades que son:

- Eliminar el polvo, suciedad y desechos; las tareas realizadas fueron la limpieza superficial de la máquina se quitaron los desechos originados por el proceso de producción, quedando solo polvo y manchas, con una plumilla especial se quitaron los desechos y polvo que impedían visualizar las zonas de trabajo.
- Descubrir anomalías clasificando con su respectiva tarjeta de identificación; esta tarjeta fue colocada en la máquina y se colocó la anomalía presentada en la máquina que evito que el personal realice maniobras y puedan tener algún accidente.



- Corrigiendo las pequeñas deficiencias; al realizar la limpieza, el operario tuvo un mayor alcance a la deficiencia y se observó que los desechos que se encontraban en las perillas de encendido dificultaban la rapidez al presionar.

Para garantizar una adecuada limpieza en la línea inyectora, se empleó un programa de limpieza e inspección en la planta 3; este programa contiene la información sobre la zona a trabajar, el tiempo estimado que se empleará y que se debe cumplir como máximo de días, la función a trabajar y la mejora que se generó con ello.

A su vez, se desarrolló un programa de charlas en materia de prevención de riesgos dirigido por el área de Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa, estas se han programado 1 día a la semana por media hora con reporte de casos para desarrollarlo. Asimismo, se implementó un Check-list de limpieza e inspección diaria junto a la clasificación de los 7 tipos de anomalías descritas por Suzuki.

IDENTIFICACIÓN DE ANORMALIDADES			
ANORMALIDADES	EJEMPLOS	ANORMALIDADES	EJEMPLOS
<b>A. Pequeñas deficiencias</b>		<b>B. Incumplimiento de las condiciones</b>	
1. Contaminación	Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, pintura, óxido	1. Lubricación	Fugas de lubricante, puertas de lubricación deformada
2. Daños	Fisuras, Aplastamientos, deformaciones, curvados	2. Suministro de lubricante	Insuficiente, suciedad, inapropiada o no identificada
3. Holguras	Exceso de recorrido, desajustes	3. Indicadores de Nivel de aceite	Tubos de lubricación defectuosos, fugas (no identificación de nivel)
4. Flojedad	Excentricidad, distorsión, corrosión	4. Apretado	Holguras, omisiones, pasados de rosca, arandela inapropiada, tuerca
5. Fenómenos anormales	Picaduras, sacudidas, olores extraños, ruidos inusuales	<b>D. Focos de Contaminación</b>	
6. Adhesión	Presión o corriente	1. Producto	Fugas, derrames, chorros, dispersión
<b>C. Puntos inaccesibles</b>		2. Primeras materias	Exceso de flujo, fluidos hidráulicos, fugas de aire comprimido
1. Limpieza	Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, pintura, óxido	3. Lubricantes	Infiltraciones
2. Chequeo - Inspección	Obstrucción de la máquina, cubiertas, disposición de apoyo	4. Gases	Gases, vapor, humos de exhaustación
3. Apretado de pernos	Tubos de lubricación defectuosos, fugas (no identificación de nivel)	5. Líquidos	Agua fría, agua caliente
4. Operación	Orientación de instrumentos, exposición de gamas de operación,	6. Desechos	Productos semiacabados, desperdicio de agua, materia de
5. Ajustes	Posición de Válvulas, posición de indicadores de presión	7. Ajustes	Carretillas elevadoras
<b>E. Fuentes de defectos de Calidad</b>		<b>F. Elementos innecesarios y no urgentes</b>	
1. Materias extrañas	Desechos de cable, insectos, infiltración y arrastre de	1. Maquinaria	Bombas, agitadores, compresores, columnas, tanques
2. Golpes	Caidas, sacudidas, colisiones, vibraciones, demasia	2. Tuberías	Tubos, mangueras, conductores, válvulas, amortiguadores
3. Humedad	Separadores centrífugos	3. Instrumento de medida	Indicadores de presión, indicadores de vacío, amperímetros
4. Tamaño de grano	Mezcla, composición	4. Equipo eléctrico	Cableado, tubería, conectadores de alimentación, toma de corrientes
5. Concentración	Calentamiento inadecuado	5. Piezas de repuestos	Herramientas de corte, plantillas, moes
6. Viscosidad	Evacuación, agitación, mezcla	6. Reparación provisional	Repuestos, stocks permanentes, materiales auxiliares, cinta, cable.

Figura 45. Identificación de tipos de anomalías  
Fuente: Elaboración propia

La figura 45 muestra una tabla de clasificación de anomalías, la cual ayudará a los operarios, personal técnico y encargados para la detección de las anomalías, esta división se realizó en conjunto con el personal de mantenimiento y los supervisores de la línea de producción.

Luego, para el segundo paso del CAP Do, la limpieza realizada al principio permitió que se puedan identificar y eliminar fuentes de contaminación, mediante las acciones correctivas. Por otro lado, para mejorar el tiempo de limpieza y reducir el tiempo de chequeo, se implementó un resumen de actividades de limpieza.

RESUMEN DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA						
Parte	Trabajo	Punto de referencia	Mejora 1	Mejora 2	Mejora 3	Observación
Unidad de Inyección	Limpiar	1/Sem (40 min)	Mejorar inspección de la parte externa (37 min)	Reducir fuga (26 min)	→	
Unidad de molde	Limpiar	2/Sem (30 min)	Mejorar inspección molde (23 min)	Mejorar lubricación (15 min)	→	
Unidad de control	Limpiar	1/Sem (20 min)	Mejorar inspección de zona de limpieza (10 min)	→	→	

Figura 46. Resumen de actividades de limpieza

Fuente: Elaboración propia

En la figura 46, se muestra un resumen de actividades de limpieza realizado en la unidad de inyección, molde y control, en la cual se observa los tiempos de limpieza y sus mejoras progresivas, este resumen de actividades serán programadas evaluadas semanalmente, con el objetivo de atacar cada anomalía y evitar el futuro accidente e incidente.

Para optimizar la limpieza y garantizar la seguridad en las actividades, se elaboró estándares de limpieza; para lograr su comprensión por todo el personal operativo y técnico, se realizaron informativos para su difusión. Por otro lado, para el paso 3 se implementó 1 check list de seguridad adicional a los estándares de limpieza y lubricación aplicados para el Cil estándar; además se implementó un programa de inspección, el cual será desarrollado por los operarios y verificado por los encargados y/o supervisores de turno.

N°	ALCANCE	RESPONSABLE	P/E	2022												PUNTO DE VERIFICACION	STATUS	RECURSOS	
				Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic				
I	Charlas de seguridad 5 minutos																		
1.1	Personal operativo, técnicos y encargados	Área de mantenimiento	P E R					P	P	P	P	P	P				Número de Charlas programadas x100%	100%	Formato de Charlas instructivas
								E	E	E	E	E				N° total de charlas dadas			

Figura 47. Programa de charlas  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 47, se observa el programa de charlas diarias a ejecutar por el área de mantenimiento y seguridad, con la finalidad de concientizar al personal y lograr su comprensión respecto a los formatos para la identificación de anomalías. La concientización se midió cualitativamente, es decir, los supervisores observaron la forma y meticulosidad que los operarios trabajan la limpieza de cada máquina asignada, la responsabilidad para cumplir el programa establecido.

CHECK LIST DE SEGURIDAD				
ELEMENTOS	PUNTOS DE CHEQUEO	SI	NO	OBSERVACIONES
1. Cubiertas, pasamanos, etc.	¿Se han ajustado las cubiertas para evitar la dispersión de partículas, refrigerantes, etc.?	X		
	¿Se han colocado cubiertas de seguridad sobre mecanismos peligrosos tales como partes giratorias o deslizantes?	X		
	¿Se han instalado plataformas y rutas de paso para facilitar la limpieza, chequeo, ajuste y lubricación?	X		
	¿Están intactos los pasamanos, salvaguardas, topes y otros mecanismos de seguridad?	X		
	¿Hay escalas fijas de más de 2 metros con guardas de respaldo?	X		
Áreas peligrosas	¿Hay pasamanos en rutas de paso y puertas?	X		
	¿Se han instalado luces de inspección en pozos y otras áreas oscuras?	X		
	¿Están los suelos nivelados y libres de puntos resbaladizos?	X		Fugas de Aceite
	¿Son seguros los medios de transporte tales como los canales y transportadores y funcionan suavemente?	X		
	¿Se pueden abrir en las dos direcciones las puertas de instalaciones tales como las salas insonorizadas?	X		
Operabilidad	¿Hay algún riesgo de caída de objetos?	X		
	¿Hay riesgo de que alguien se quemé por tocar tuberías de vapor u otros elementos calientes?	X		Conociendo ciertos riesgos
	¿Están los espacios tales como los almacenes y bóvedas apropiadamente equipados con señales indicando las salidas y luces de emergencia?	X		
	¿Están apropiadamente posicionados los botones de arranque, palancas y pafletes de control?	X		
	¿Se pueden operar con facilidad todos los palancas, volantes manuales, y otros controles?	X		
Equipos de seguridad	¿Están claramente señalados los pesos de los equipos?	X		
	¿Funcionan correctamente todos los equipos de prevención del fuego (extintores, detectores de humo y gas, tomas de agua, etc.)?	X		
	¿Funcionan apropiadamente los mecanismos de parada de emergencia?	X		
	¿Están cerca de (a mano) los botones de parada de emergencia?	X		
	¿Hay algún botón de operación cuya posición invite a omitir pulsarlo?	X		

Equipos de seguridad	¿Funcionan correctamente todas las luces de alarma, bocinas, mecanismos de interbloqueo, sensores de límite, y mecanismos similares?	X		
Señales de seguridad y peligro	¿Están correctamente indicados los gases de alta presión, materiales peligrosos, productos químicos, etc.?	X		
	¿Hay señales de aviso adecuadas para gases tóxicos, gases asfixiantes, y sustancias peligrosas similares?	X		
	¿Se indican claramente los límites de velocidad?	X		Para mantenimientos
Seguridad de pasos	¿Se han instalado señales de peligro en los cables de alto voltaje?	X		tableros eléctricos.
	¿Se han instalado todas las señales de precaución necesarias (cuidado con piezas giratorias, cuidado con la cabeza, mire donde pisa, etc.)	X		
	¿Se ha dado autorización para la colocación temporal de objetos que dificulten el paso? ¿Está obstruido algún paso?	X		Panelo control con carritos.
	¿Están claramente marcadas áreas de trabajo, rutas de seguridad, etc.?	X		
	¿Están apropiadamente marcadas áreas de trabajo, rutas de seguridad, etc.?	X		
	¿Están apropiadamente marcadas y cerradas las áreas de almacenaje de fuel, cilindros de oxígeno, etc.?	X		

Fecha: 11/07/22

Firma

Responsable de inspección: *Juan Sanguin*

Figura 48. Check list de seguridad  
Fuente: Elaboración propia

Para formar al personal en materia de seguridad, se difundirá por medio de charlas los resultados de la investigación de accidentes, asimismo, se publicará en los periódicos murales boletines informativos respecto a los accidentes e

incidentes presentados, precisando las medidas correctivas adoptadas para prevenir sucesos de similares.

Las charlas serán brindadas por el personal de seguridad y salud en el trabajo, con participación del personal involucrado, pudiendo ser la persona afectada o testigo; de esta manera, se brindará la experiencia y la sensación percibida durante el suceso no deseado.

En la siguiente figura se evidencia las reuniones de charlas de seguridad dirigidas por el personal de seguridad y salud en el trabajo.



*Figura 49. Charlas de seguridad*  
Fuente: Fotografía tomada en el área de Matricería

En la figura 49, se puede observar al personal de mantenimiento, administrativos y operativos, participando de las charlas de seguridad con participación del área de seguridad y salud en el trabajo de la empresa.

Finalmente, para asegurar el cumplimiento y dar seguimiento a la gestión realizada se deberá presentar los avances y actividades ante las reuniones del comité de seguridad y salud en el trabajo, mostrando transparencia y compartiendo sugerencias como medidas de mejora. Cabe mencionar que, el comité está conformado por representantes del empleador y trabajador de manera paritaria.

### Situación Después (Post Test)

Después de implementar el CAP Do, se observó una mayor participación e interés por parte del personal con respecto al desarrollo de sus actividades de manera segura dentro de planta, asimismo, se observa mejores condiciones de trabajo debido a las medidas correctivas adoptadas por las inspecciones de seguridad.

El entorno de trabajo presenta mayor orden y limpieza, los pasillos se encuentran libres de obstáculos y sin presencia de fugas de aceites, grasas y lubricantes; asimismo, se observa mayor apoyo visual mediante señaléticas de seguridad, los cuales informan respecto los peligros y riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores. Por otro lado, el número de accidentes se ve reducido en el último periodo post test, lográndose apreciar una meta de cero accidentes e incidentes laborales hasta la fecha, el cual representa una motivación por parte del personal en conjunto.

### Muestra después

Tabla 16.

Número de accidentes e incidentes laborales después de la implementación

Datos POST TEST	Número de Accidentes e Incidentes	Promedio
Semana 33	3	1.17
Semana 34	1	1.17
Semana 35	2	1.17
Semana 36	0	1.17
Semana 37	1	1.17
Semana 38	0	1.17

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 16 muestra el número de accidentes e incidentes laborales ocurridos durante un periodo de 6 semanas después de la implementación, se puede observar que, el mayor número de reportes es en la semana 33 y 35; sin embargo, en la semana 36 y 38 se tienen 0 accidentes e incidentes. El alcanzar una meta de 0 accidentes e incidentes laborales aumentaron la confianza y motivación de los trabajadores para el desarrollo de actividades.

Tabla 17.  
Plan de acción de actividades – objetivo específico 3

¿Qué?	¿Quién?	¿Cuándo?	¿Dónde?	¿Por qué?	¿Cómo?
Coordinación y difusión con los encargados, supervisores y operativos.	Ericka Tiburcio / Carlos Nano	Abril 2022 - mayo 2022	Línea Inyectora - Planta 3	Para reducir de manera continua las condiciones inseguras a las que se puedan encontrar expuestos los trabajadores, garantizando mejores condiciones para el desarrollo seguro de sus actividades, y así, reducir el número de accidentes e incidentes.	Coordinación con los jefes, encargados, coordinadores, supervisores y operativos; a su vez, implementando programas de charlas e inspecciones de seguridad, elaborando formatos y estándares.
Elaboración de un programa de charlas e inspecciones de seguridad.	Carlos Nano	Junio 2022 - Julio 2022			
Implementación de check list de limpieza diaria.	Ericka Tiburcio / Carlos Nano	Julio 2022 - septiembre 2022			
Elaboración y desarrollo de tabla de anomalías.	Ericka Tiburcio / Carlos Nano				
Implementación de estándares de limpieza y check list de seguridad.	Ericka Tiburcio / Carlos Nano				
Difusión de avances y resultados ante el CSST.	Carlos Nano				

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se plasmó dentro de una matriz 5W + 1H el plan de acción realizado para la implementación del objetivo específico 3, tomando de manera resumida la secuencia de actividades ejecutadas para la reducción del número de accidentes e incidentes laborales.

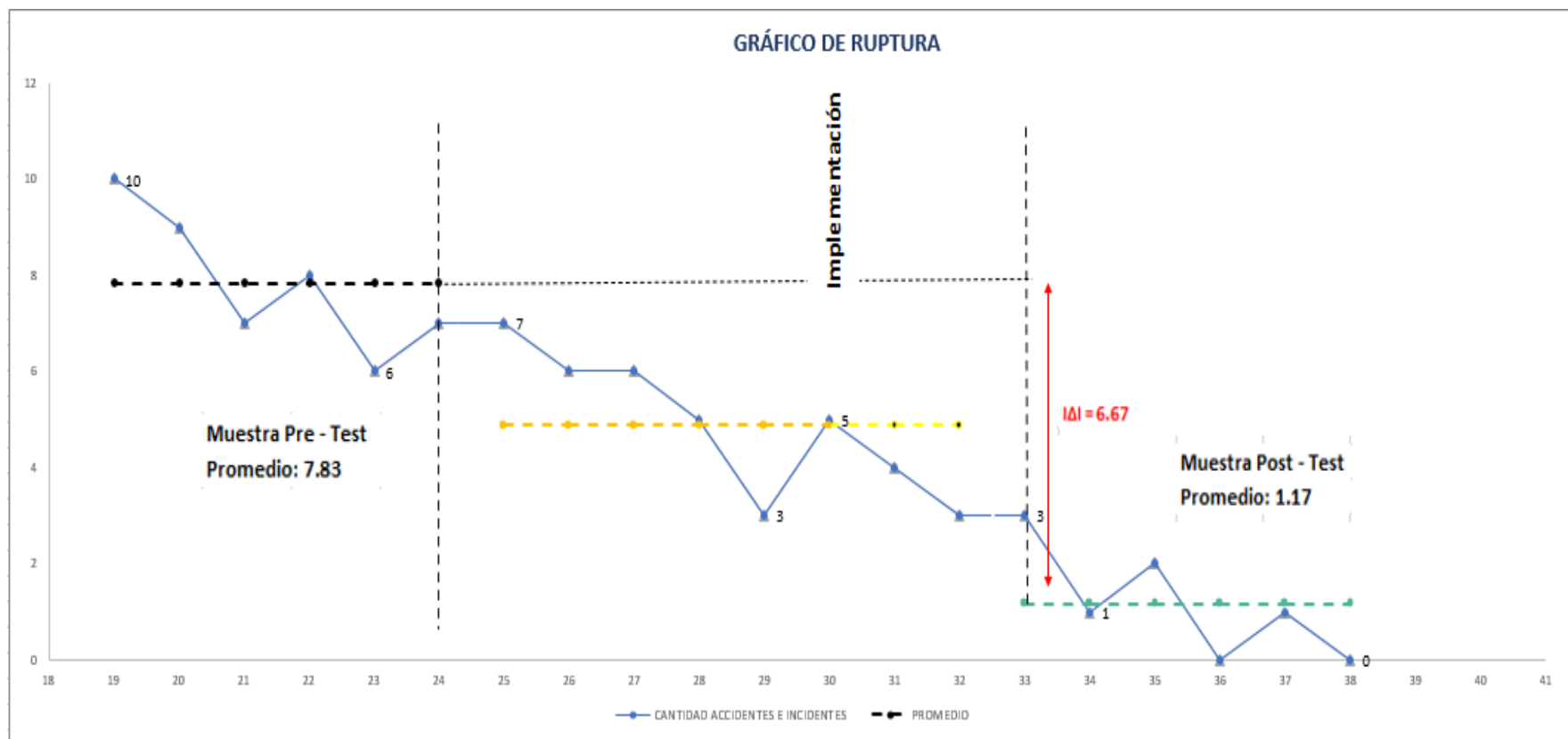


Figura 50. Gráfica de ruptura cantidad de accidentes e incidentes  
 Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura 50, se puede observar la variación del número de accidentes e incidentes durante la semana 19 hasta la semana 24 con un promedio de 7.83 en una muestra de 6 semanas; de igual manera, se observa un declive durante la semana de implementación hasta el periodo post-test, notándose un descenso muy considerable en la semana 38, en la cual se percibe 0 accidentes e incidentes laborales, lo que representa un logro en cuanto la seguridad y salud de los trabajadores.

#### 4.2. Análisis de resultados

En este apartado se mostrará los planteamientos y los resultados de las pruebas de normalidad y de las hipótesis de esta investigación; para ello, se utilizó el software estadístico SPSS para el procesamiento de datos y obtención de los resultados de cada variable.

Para el presente trabajo de investigación se utilizó muestras relacionadas puesto que se buscó calcular los valores de cada muestra tomada antes y después de la implementación, lo cual permite comparar las diferencias y verificar el impacto generado en las variables dependientes. Asimismo, dado que la variable fija maneja un antes y después de la implementación, esta representa un estudio longitudinal de dos medidas (pre y post – test); de igual manera, siendo la variable aleatoria de tipo numérico, se concluye que el tipo de prueba a realizar para el presente estudio es la T-student.

OBJETIVO COMPARATIVA					
PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS					PRUEBAS PARAMÉTRICAS
Variable Aleatoria		NOMINAL DICOTÓMICA	NOMINAL POLITÓMICA	ORDINAL	NUMÉRICA
Variable Fija					
Estudio Transversal Muestras Independientes	Un grupo	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste Binomial	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos grupos	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	X <sup>2</sup> Bondad de Homogeneidad	U Mann-Withney	T de Student (muestras Independientes)
	Más de dos grupos	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste	X <sup>2</sup> Bondad de Ajuste	H. Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor INTERsujetos
Estudio Longitudinal Muestras Relacionadas	Dos medidas	Mc Nemar	Q. de Cochran	Wilcoxon	T de Student (muestras Relacionadas)
	Más de dos Medidas	Q. de Cochran	Q. de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetidas (INTRA-sujetos)

Figura 51. Tipos de pruebas

Fuente: “Seminarios de Investigación Científica: Metodología de la Investigación para Las Ciencias de la Salud” por Supo (2012, p.50)



A continuación, se procede a analizar cada hipótesis específica:

a. Variable, objetivo, hipótesis 01

La implementación de un análisis PM reducirá el número de averías. Para esta hipótesis se utilizó muestras relacionadas dado que no hubo variación alguna en el proceso y área de estudio.

Tabla 18.

Datos Pre – Datos Post Número de averías

Datos PRE-TEST	Número de averías	Datos POST TEST	Número de averías
Semana 17	13	Semana 31	4
Semana 18	10	Semana 32	1
Semana 19	8	Semana 33	3
Semana 20	9	Semana 34	4
Semana 21	8	Semana 35	3
Semana 22	6	Semana 36	3
Semana 23	7	Semana 37	2
Semana 24	7	Semana 38	2

Según la tabla 18, se muestra el total de averías presentadas por cada semana en las máquinas inyectoras antes de la implementación en un periodo de 8 semanas, desde la semana 17 a la semana 24; asimismo, podemos observar los datos post test que se obtuvieron luego de la implementación del método del Análisis P-M, estos resultados se tomaron desde la semana 31 a la semana 38.

Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad de la situación pretest y post-test del número de averías en el software SPSS, se tomó la prueba de Shapiro Wilk debido al tamaño de la muestra tomada para la investigación, siendo esta menor de 50.

Tabla 19.

Prueba de normalidad – variable 1

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre-test	.215	8	.200*	.901	8	.295
Post-test	.220	8	.200*	.917	8	.408

Fuente: Software SPSS

Siguiendo la tabla anterior, se definen las reglas de decisión como:

- Si la sig. > 0.05 (5%), la distribución es normal
- Si la sig. < 0.05 (5%), la distribución no es normal

Como se observa en la tabla 19, los niveles de significancia de la situación pre y post son de 0,295 y 0.408 respectivamente, los cuales son mayores a 0,05, con lo cual se acepta la normalidad de las muestras pre y post.

Después de realizar la prueba de normalidad para ambas situaciones pre y post, se procede a realizar la contrastación de la hipótesis mediante la prueba T Student.

- Si la sig. > 5%, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador
- Si la sig. < 5%, se acepta la hipótesis alterna, aceptando la hipótesis del investigador.

Tabla 20.  
Prueba de contrastación – variable 1

Prueba de muestras emparejadas						
		Diferencias emparejadas			Significación	
		95% de intervalo de confianza de la diferencia Superior	t	gl	P de un factor	P de dos factores
Par 1	Numero de averías pre-test y post-test	7.52347	7.667	7	<.001	<.001

Fuente: Software SPSS

En la tabla 20, se observa que la significancia es menor a 0.001, el cual es menor al nivel de significancia; es decir, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

b. Variable, objetivo, hipótesis 02

La implementación de un análisis PM reducirá el número de averías. Para esta hipótesis se utilizó muestras relacionadas dado que no hubo variación alguna en el proceso y área de estudio.

Tabla 21.

Datos Pre – Datos Pro Número de fallas en los procesos

Datos PRE-TEST	Número de Fallas	Datos POST TEST	Número de Fallas
Semana 17	10	Semana 33	10
Semana 18	12	Semana 34	11
Semana 19	9	Semana 35	10
Semana 20	11	Semana 36	8
Semana 21	8	Semana 37	5
Semana 22	10	Semana 38	7
Semana 23	9	Semana 39	5
Semana 24	12	Semana 40	2

Según la tabla 21, se muestra el total de fallas en el proceso presentados por cada semana en las máquinas inyectoras antes de la implementación en un periodo de 8 semanas, desde la semana 17 a la semana 24; asimismo, podemos observar los datos post test que se obtuvieron luego de la implementación de la herramienta CIL-STANDAR, estos resultados se tomaron desde la semana 33 a la semana 40.

#### Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad de la situación pre-test y post-test del número de fallas en el proceso en el software SPSS, se tomó la prueba de Shapiro Wilk.

Tabla 22.

Prueba de normalidad – variable 2

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre test	.159	8	.200*	.930	8	.516
Post test	.187	8	.200*	.938	8	.596

Fuente: Software SPSS

Siguiendo la tabla anterior, se definen las reglas de decisión como:

- Si la sig. > 0.05 (5%), la distribución es normal
- Si la sig. < 0.05 (5%), la distribución no es normal

Como se observa en la Tabla 22, los niveles de significancia de la situación pre y post son de 0,516 y 0.596 respectivamente, los cuales son mayores a 0,05, con lo cual se acepta la normalidad de las muestras pre y post.

Después de realizar la prueba de normalidad para ambas situaciones pre y post, se procede a realizar la contrastación de la hipótesis mediante la prueba T Student.

- Si la sig. > 5%, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador
- Si la sig. < 5%, se acepta la hipótesis alterna, aceptando la hipótesis del investigador.

Tabla 23.  
Prueba de contrastación – variable 2

		Prueba de muestras emparejadas				
		Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia Superior	t	gl	Significación	
					P de un factor	P de dos factores
Par 1	Cantidad de fallas en el proceso Pre-test y Post-test	5.68132	2.422	7	.023	.046

Fuente: Software SPSS

En la tabla 23, se observa que la significancia es menor a 0.046, el cual es menor al nivel de significancia; es decir, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

c. Variable, objetivo, hipótesis 03

La implementación del CAP Do reducirá el número de accidentes e incidentes laborales en la línea inyectora. Para esta hipótesis se utilizó muestras relacionadas dado que no hubo variación alguna en el proceso y área de estudio.

Tabla 24.

Dato Pre – Dato post del número de accidentes e incidentes laborales

Datos PRE-TEST	Número de Accidentes e Incidentes	Datos POST TEST	Número de Accidentes e Incidentes
Semana 19	10	Semana 33	3
Semana 20	9	Semana 34	1
Semana 21	7	Semana 35	2
Semana 22	8	Semana 36	0
Semana 23	6	Semana 37	1
Semana 24	7	Semana 38	0

Según la tabla 24, se muestra el total de accidentes e incidentes laborales presentados por cada semana en las máquinas inyectoras antes de la implementación en un periodo de 6 semanas, desde la semana 19 a la semana 24; asimismo, podemos observar los datos post test que se obtuvieron luego de la implementación de la herramienta CAP Do, estos resultados se tomaron desde la semana 33 a la semana 38.

#### Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad de la situación pretest y post-test del número de accidentes e incidentes laborales en el software SPSS, se escogió la prueba de Shapiro Wilk debido al tamaño de muestra tomada para la investigación, siendo esta menor de 50.

Tabla 25.

Prueba de normalidad – variable 3

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre – test	.157	8	.200*	.956	8	.773
Post – test	.190	8	.200*	.907	8	.334

Fuente: Software SPSS

Siguiendo la tabla anterior, se definen las reglas de decisión como:

Tabla 26.

Prueba de contrastación – variable 3

		Prueba de muestras emparejadas				
		Diferencias emparejadas 95% de intervalo de confianza de la diferencia Superior	t	gl	Significación	
					P de un factor	P de dos factores
Par 1	Cantidad de accidentes e incidentes laborales Pre-test y Post-test	8.40705	9.632	7	<.001	<.001

- Si la sig. > 0.05 (5%), la distribución es normal
- Si la sig. < 0.05 (5%), la distribución no es normal

En la tabla 25 se observa que, los niveles de significancia de la situación pre y post son de 0,773 y 0.334 respectivamente, los cuales son mayores a 0,05, con lo cual se acepta la normalidad de las muestras pre y post.

Después de realizar la prueba de normalidad para ambas situaciones pre y post, se procede a realizar la contrastación de la hipótesis mediante la prueba T Student.

- Si la sig. > 5%, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis del investigador
- Si la sig. < 5%, se acepta la hipótesis alterna, aceptando la hipótesis del investigador.

En la tabla 26, se observa que la significancia es menor a 0.001, el cual es menor al nivel de significancia; es decir, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador.

#### d. Resumen de resultados

<i>Hipótesis Específica</i>	<i>Variable Independiente</i>	<i>Variable Dependiente</i>	<i>Indicador VD</i>	<i>Pretest</i>	<i>Postest</i>	<i>Diferencia</i>	<i>%</i>
Si se aplica un análisis P-M entonces se reducirá el número de averías	Análisis P-M	Número de averías	Número de averías(semanal)	<b>8.5</b>	<b>2.8</b>	5.8	<b>68%</b>
Si se implementa un CIL Standar entonces se reducirá las fallas en los procesos	CIL Standard	Número de fallas en los procesos	Número de fallas en los procesos (semanal)	<b>10.1</b>	<b>7.3</b>	2.9	<b>28%</b>
Si se implementa un CAP Do se reducirá los incidentes de la línea inyectora	CAP Do	Número de Accidentes e Incidentes	Número de Accidentes e incidentes (semanal)	<b>7.8</b>	<b>1.2</b>	6.7	<b>85%</b>

*Figura 52. Resumen de resultados*

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura 52, se observa una reducción de 68% en el indicador número de averías respecto a la situación pre y post, de igual manera, se observa una reducción de 28% en promedio en el indicador número de fallas en el proceso respecto a la situación pre y post; finalmente, se observa una reducción del 85% en promedio de la variable número de accidentes e incidentes laborales.

## CONCLUSIONES

1. La implementación de herramientas del TPM para mejorar la eficiencia de la línea inyectora de la planta 3 en una empresa de sector industrial de rubro plástico, tiene efectos positivos, puesto que, se disminuye de manera considerable el número de averías y fallas en el proceso, afectando de manera positiva la disponibilidad del equipo.
2. Se demostró que implementando un análisis PM se logra reducir el número de averías en la línea inyectora, observándose una variación positiva descendente de 5.75 en promedio en un periodo previo y posterior a la implementación del análisis PM; asimismo, se aprecia una reducción de 8.5 a 2.8 en la variable, el cual representa una reducción de 68% en el indicador de averías en la situación pre y post test.
3. La implementación del CIL Standar nos permitió sincerar la data en el reporte de fallas en el proceso, teniéndose una alza considerable al momento de la implementación debido al aporte de formatos, guías y otros instrumentos que permitieron una mayor efectividad en la detección de fallas; no obstante, después de la implementación el número de fallas en el proceso se redujo gracias a las medidas correctivas adoptadas para su levantamiento, lográndose una reducción de 10.1 a 7.3 en promedio al número fallas en el proceso, lo que demuestra una reducción del 28% como diferencia en la situación pre y post test.
4. Mediante la implementación del CAP Do como herramienta de mejora continua, se logró reducir el número de accidentes e incidentes laborales en la zona de línea inyectora de la planta 3, lográndose reducir el número de reportes de 20 accidentes e incidentes hasta la meta de 0 accidentes e incidentes laborales, lo que representa una variación en promedio de 6,67 con respecto al periodo antes y después de la implementación, y una reducción del 85%.
5. El análisis PM tuvo un impacto positivo en el tiempo medio de reparación (MTTR) en la línea inyectora de la planta 3, esto debido a la implementación de



formatos empleados para alcanzar una identificación y análisis del problema más detallado; se observa que el indicador de tiempo de reparación MTTR antes de la implementación es 44.97 en promedio por un periodo de 8 semanas, y después de la implementación es de 17.60 en promedio por un periodo de 8 semanas.

6. La implementación del CAP Do logró mejorar las condiciones de trabajo del personal debido a la detección de condiciones inseguras por medio de los formatos elaborados; asimismo, se observa un mejor orden y limpieza dentro del área y un mayor impacto visual debido a las señaléticas de seguridad empleadas como parte de la mejora continua; todo ello, influyó de manera positiva para la disminución de accidentes e incidentes laborales, presentando 0 accidentes e incidentes en la última etapa implementación.
  
7. La aplicación de herramientas del TPM generó confianza y motivación al personal operativo, esto debido al interés de cada uno en la participación en las charlas de seguridad, elaboración de registros para la detección de fallas en el proceso y en la preocupación por mantener un orden y limpieza dentro de las zonas de trabajo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar la herramienta TPM para todas las líneas de producción dentro de la organización, puesto que, al ser una implementación a largo plazo, busca un proceso de mejora continua; en este caso se ha logrado reducir el número averías, fallas en el proceso y accidentes e incidentes laborales, logrando que la producción en planta tenga menos paradas de máquina, y si se presenta alguna situación similar se podrá dar solución en menor tiempo.
2. Se recomienda aplicar el análisis P-M en empresas industriales que trabajen con equipos de gran magnitud, debido a que esta técnica permite identificar la raíz de la causa de las averías en las máquinas y solucionarlas en un menor tiempo; esto permitirá identificar la causa en situaciones futuras, para poder brindar un mantenimiento en el menor tiempo posible.
3. Se recomienda implementar un reportador móvil en los celulares de los encargados y/o supervisores para que el flujo de detección de fallas sea más rápido; puesto que, se estaría omitiendo el tiempo perdido por desplazamiento en las instalaciones y tiempo en ingresar al sistema MP9.
4. Se recomienda aplicar la metodología de las 5S como parte del CAP Do; puesto que, gracias a sus 5 principios se puede lograr mejoras en las condiciones de trabajo para los trabajadores, pudiéndose alcanzar zonas de trabajo más organizadas, más limpias y ordenadas.
5. Se recomienda considerar indicadores que permitan medir las pérdidas económicas por parada de planta; es decir, cuantos productos se están dejando de producir como consecuencia de una parada de máquina y su impacto económico en la empresa.
6. Se recomienda emplear un programa de auditoría interna con el fin de evaluar el sistema de gestión del CAP Do, validando el cumplimiento de las actividades y

se pueda brindar mayor hincapié a las oportunidades de mejora que se puedan sugerir e implementar.

7. Se recomienda implementar un sistema de formación y entrenamiento optimizar los conocimientos del personal; para ello, se recomienda la evaluación continua de capacidades para lograr la competitividad de los operarios. Cabe mencionar que, TPM también se enfoca en la formación y entrenamiento del personal.

## REFERENCIA

- Ajuech, V. L. (2017). *Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/40508?page=17>
- Asti Vera, A. (2015). *Metodología de la investigación*. Athenaica Ediciones Universitarias. <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/43844?page=65>
- Ackerman, S. (2013). *Metodología de la investigación*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones del Aula Taller. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/76246?page=41>.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica (6ta ed.)*. Venezuela: Editorial Episteme.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. Córdoba, Jorge Sarmiento Editor - Universitatis. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/172523?page=82>.
- Bonilla, E., Díaz, B., Kleeberg, F., Noriega, M. (2020). *Mejora continua de los procesos*. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10832/Bonilla\\_Diaz\\_kleeberg\\_Noriega\\_Mejora\\_continua.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10832/Bonilla_Diaz_kleeberg_Noriega_Mejora_continua.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación. Serie integral por competencias (3ta ed.)*. México: Grupo Editorial Patria
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3ra ed.). Colombia: Pearson Educación
- Castaño, C. & Cardona, J. (2019). *Aplicación de los pasos I y II del plan de mantenimiento autónomo basado en el mantenimiento productivo total para el grupo Santa María por la empresa EAT SERTA*. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13750/1/CastanoCarlos\\_2019\\_PlanMantenimientoProductivo.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13750/1/CastanoCarlos_2019_PlanMantenimientoProductivo.pdf)
- Castro (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración (2da ed.)*. Venezuela: Editorial Uyapar
- Del Castillo, C. C. & Olivares Orozco, S. (2014). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/39410?page=128>

- D'Gamero, E.(2009). *Uso de técnicas de la administración del mantenimiento para la mejora de las operaciones en la empresa OFISTORE S.A. de CV.*  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5401/I2.1133.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz Navarro, J. (2012). *Técnicas de mantenimiento industrial.* Cádiz, España: Calpe Institute of Technology.
- Eda, A. (2013). *Análisis de fallas de una máquina extrusora de electrodos.*  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1740/ING\\_528.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1740/ING_528.pdf?sequence=1)
- Fajardo, J. (2005). *Implementación del mantenimiento autónomo en una línea de producción de la empresa Syngenta S.A.*  
[https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3037/0032108\\_organized.pdf?sequence=6&isAllowed=y](https://repositorio.utb.edu.co/bitstream/handle/20.500.12585/3037/0032108_organized.pdf?sequence=6&isAllowed=y)
- Fernández Ríos, M., & Sánchez, J. (1997). *Eficacia Organizacional.* Madrid, España: Díaz de Santos S.A.
- García Dihigo, J. (2016). *Metodología de la investigación para administradores.* Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/70269?page=113>
- Grajales, D. (2006) *En su artículo La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento.*
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (Quinta ed.).* (M. G. S.A., Ed.) México, México: McGraw Hill.
- López, J. (2012). Productividad. México: Palibrio, Ros, A. (2013). *Análisis de Averías.* <https://1library.co/document/y69peony-analisis-de-averias.html>
- Lluís C. (2010). *TPM en un entorno Lean Management: Estrategia competitiva.* Barcelona, España: Profit Editorial.
- Lefcovich, M. (2009). *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial.* El Cid Editor: apuntes.  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/28220?page=5>
- Monroy Mejía, M. D. L. Á. & Nava Sanchezllanes, N. (2018). *Metodología de la investigación.* Grupo Editorial Éxodo.  
<https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/172512?page=106>

- Molina, E. (2009). Diseño e implementación del sistema de control para una inyectora de plástico. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1635/1/CD-2288.pdf>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la Investigación*. Colombia: Ediciones de la U.
- Padamshi (2021). *How to Improve your Clean/ Inspect/ Lubricate (CIL) Jobs?* [https://parsable.com/blog/manufacturing/how-to-improve-your-clean-inspect-lubricate-cil-jobs/#:~:text=A%20clean%2Finspect%2Flubricate%20\(paper%20and%20files%20it%20away.](https://parsable.com/blog/manufacturing/how-to-improve-your-clean-inspect-lubricate-cil-jobs/#:~:text=A%20clean%2Finspect%2Flubricate%20(paper%20and%20files%20it%20away.)
- Rodríguez, J. (2019). *Nuevo sistema de Gestión de Eficiencia Global (OEE) en tiempo real para industria*. Trabajo Fin de Máster. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Rueda, G. (2017). *Aplicación del software de control y administración MP9 para mejorar la productividad en el proceso del mantenimiento de estaciones base de las empresas de telecomunicaciones*. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14431/Rueda\\_AGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/14431/Rueda_AGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sunción, P. (2017). *Aplicación del mantenimiento productivo total para incrementar la productividad en la línea de producción en la empresa MGO S.A.C* [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26218/Sunci%c3%b3n\\_EPJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26218/Sunci%c3%b3n_EPJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salinas, P. y Cárdenas, M. (2009). *Métodos de investigación social (2 da ed.)*. Ecuador: Editorial Quipus CIESPAL
- Sánchez Rozo, J. (2007). *Propuesta para la implementación del mantenimiento total productivo (TPM)*. Buenos Aires, Argentina: El Cid Editor. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/34454?page=11>
- Serna, A. (2020) *Implementación de la metodología y puesta en marcha del plan de lubricación en el Grupo SI*. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17266/1/SernaAndres\\_2020\\_ProyectosPlanLubricacion.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17266/1/SernaAndres_2020_ProyectosPlanLubricacion.pdf)
- Sun, X. (2018). *Implementing a total productive maintenance approach into an improvement in Companys*. Western Kentucky University, USA.

- Tokutaro S. (1992). *TPM en industrias de procesos*. TGP- Hoshin S. L. Sample Formats for the 12 Steps of TPM, s.f.
- Yarin A. (2011). *Análisis del incremento de productividad en la línea de envasado de la empresa CPPQ S.A. Utilizando el mantenimiento productivo total*. Universidad del Callao.
- Wikoff, D. (2007). *Improve all the M's in TPM system*. *Plant Engineering* 61 (12): 21-22.
- Walter Stachú, S. (2009). *Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa*. Santa Fe, Argentina, Argentina: El Cid Editor | apuntes. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/bibliourp/31400?page=4>.

## ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicador v.i.	Variable Dependiente	Indicador v.d.
¿Cómo mejorar la eficiencia de la línea inyectora de la planta 3?	Implementar la herramienta TPM para mejorar la eficiencia en la línea inyectora de la planta 3	Si se implementa la herramienta TPM se mejorará la eficiencia en la línea inyectora	Herramienta TPM		Eficiencia	--
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Independiente	Indicador v.i.	Variable Dependiente	Indicador v.d.
PE01. ¿Cómo reducir el número de averías en la línea inyectora de la planta 3?	Aplicar un análisis P-M para reducir el número de averías en la línea inyectora.	Si se aplica un análisis P-M entonces se reducirá el número de averías.	Análisis P-M	SI/NO	Número de averías	Número de averías(se manal)
¿Cómo reducir las fallas en los procesos en la línea inyectora de la planta 3?	Implementar CIL Standar para reducir las fallas en los procesos de la línea inyectora.	Si se implementa un CIL Standar entonces se reducirá las fallas en los procesos	CIL Standard	SI/NO	Número de fallas en los procesos	Número de fallas en los procesos (diarias)
PE03. ¿Cómo reducir los incidentes laborales en la línea inyectora de la planta 3?	Implementar CAP Do para reducir los incidentes de la línea inyectora.	Si se implementa un CAP Do se reducirá los incidentes de la línea inyectora	CAP Do	SI/NO	Número de Accidentes e Incidentes	Número de Accidentes e incidentes (semanal)

Fuente: Elaboración Propia



## Anexo 2: Matriz de Operacionalización

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Análisis P-M	Si / No	El principio básico del análisis P-M consiste en comprender primero en términos físicos precisos- lo que ocurre cuando una máquina se avería o produce piezas o material defectuoso, y cómo ocurre. (Sherosse, H. 2004)	Agrupación por familia de fallos repetitivos por equipo de esta manera podremos seleccionar las averías llamadas normales y eliminar los fallos extrínsecos
CIL Standard	Si / No	Son actividades desprendidas del área de mantenimiento y descentralizadas a los operarios. Estas actividades ayudan a prevenir la contaminación de las máquinas, las roturas y desgaste de piezas, errores de manipulación de las máquinas y las horas de mantenimiento. (Salas Maceda, M. 2012)	Estándares de Limpieza, Inspección y lubricación que permite analizar los aspectos de mejora del área
CAP Do	Si / No	Es un ciclo que contribuye a la ejecución de los procesos de forma organizada y a la comprensión de la necesidad de ofrecer altos estándares de calidad en el producto o servicio; por tanto, puede ser utilizado en las empresas, ya que permite la ejecución eficaz de las actividades. Zapata Gómez, A. (2015).	Aplicación de 7 pasos que permite la ejecución de procesos de manera eficaz
Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Número de averías	MTBF = tiempo medio entre fallas / Nro. de averías	Avería: Es cuando un sistema o equipo automático deja de realizar de forma correcta la función para la que fue diseñado. (Linarez Gonzales, V. (2015)	Reporte del conteo del número de averías por semana
Fallas en los procesos	Número de contaminación, fugas, derrames y otros	Fallo: Es el cese de aptitud que sufre un sistema o equipo y que le impide realizar la función para la que fue creado. Una vez que se produce el fallo en un elemento se dice que se encuentra en estado de avería. (Linarez Gonzales, V. (2015)	Conteo de fallas en los procesos por semana
Accidentes e incidentes	Cantidad de accidentes e incidentes x semana	Es un suceso acaecido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre lesiones corporales, o en el que estás solo requieren primeros auxilios. DS 005 - 2012 TR	Reporte de accidentes e incidentes por semana

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Permiso de tesis



Lima, 02 de junio 2022

Por la presente, autorizamos al Sr. Nano Yopez, Carlos Rodrigo y a la Srta. Tiburcio Porras, Ericka, ambos bachilleres en Ing. Industrial, a fin de que puedan utilizar datos, figuras o fotografías de la empresa con la finalidad de la elaboración de su trabajo de tesis para la obtención del grado de Título profesional en Ingeniería Industrial.

Sin otro en particular me despido,

Atentamente.



Súpervisor de planta  
José Sernaqué

