



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

Carrera de Ingeniería Industrial

“IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MONOPOLOS DE LA EMPRESA ESMETEL PERÚ S.A.C. DISTRITO DE COMAS, LIMA-2018”

Modalidad de suficiencia profesional para optar el título de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Luis Antonio Ayala Ostos  
Leidy Norma Santisteban Vidaurre De Medina

**Asesor:**

Mg. Ing. Juan Orlando Goicochea Asián

Lima – Perú  
2018

## **DEDICATORIA**

Dedicamos la presente tesis a Dios, ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera profesional. A nuestros padres, porque siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos su apoyo y sus consejos para hacer de nosotros una mejor persona.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a la Universidad Privada del Norte por habernos permitido formarnos y ser participe en ella; agradecemos también a los diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradecemos a nuestro asesor de tesis el Ing. Juan Orlando Goicochea Asian, por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y sus conocimientos, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante el desarrollo de nuestra tesis.

Y para culminar, agradecemos a todos nuestros compañeros de clase, ya que gracias a su amistad y apoyo moral han aportado las ganas de seguir adelante en nuestra carrera profesional.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedentes.....	12
1.2. Realidad problemática.....	17
1.3. Formulación del problema.....	19
1.3.1. Problema General.....	19
1.3.2. Problemas Específicos.....	19
1.4. Justificación.....	20
1.5. Objetivos.....	21
1.5.1. Objetivo General.....	21
1.5.2. Objetivos Específicos.....	21
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
2.1. Mantenimiento Productivo Total.....	22
2.1.1. Conceptualización y enfoques del Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	22
2.1.2. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	24
2.1.3. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	24
2.1.4. Beneficios del Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	27
2.1.5. Herramientas básicas de diagnóstico y mejora empleadas en TPM.....	28
2.1.6. Indicadores de mantenimiento.....	30
2.2. Productividad.....	31
2.2.1. Conceptualización y medición de la productividad.....	31
2.2.2. Dimensiones de la productividad.....	34
2.2.3. Factores que inciden en la productividad.....	36
2.3. Definición de términos básicos.....	37
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....</b>	<b>39</b>
3.1. Determinar la productividad actual, evaluando su impacto, en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	39
3.1.1. Determinación de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.....	39
3.1.2. Determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.....	44
3.2. Identificar los factores que influyen en la baja productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	46
3.3. Estructurar y planificar mejora con aplicación TPM, como una herramienta que ayude en el incremento de la productividad, el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	54

3.3.1.	Actividades relacionadas con educación y formación .....	54
3.3.2.	Actividades relacionadas con mejoras enfocadas .....	56
3.3.3.	Actividades relacionadas con mantenimiento autónomo .....	56
3.3.4.	Actividades relacionadas con mantenimiento planificado progresivo .....	58
3.3.5.	Actividades relacionadas con la prevención del mantenimiento .....	64
3.3.6.	Actividades relacionadas con seguridad, salud y medio ambiente .....	64
3.4.	Implementar TPM en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ, S.A.C. ....	64
3.4.1.	Determinación de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C. después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo total.....	70
3.4.2.	Determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	75
3.5.	Determinar el costo y beneficio como resultado de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	77
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>		<b>87</b>
4.1.	Resultado del objetivo 1.....	87
4.2.	Resultado del objetivo 2.....	87
4.3.	Resultado del objetivo 3.....	88
4.4.	Resultado del objetivo 4.....	88
4.5.	Resultado del objetivo 5.....	90
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>93</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos y acciones de la planeación estratégica de la empresa. ....	15
Tabla 2. Beneficios del Mantenimiento Productivo Total .....	27
Tabla 3. Indicadores de productividad. ....	33
Tabla 4. Referencias e inductores de la productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.....	39
Tabla 5. Producción real y presupuesto de producción del monopolio 24 metros (en unidades). ....	40
Tabla 6. Costos de producción real y presupuesto de producción en US\$. ....	40
Tabla 7. Costos del desperdicio generado por la falla de máquina en el proceso productivo en US\$. .....	41
Tabla 8. Costos por reprocesamiento de producto no conforme por parada de máquina en US\$. .41	
Tabla 9. Resultados de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC. ...	43
Tabla 10. Maquinarias que se emplean en el proceso de fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C. ....	44
Tabla 11. Tiempo de horas totales de operación en el periodo de observación .....	44
Tabla 12. Número de fallas por equipos en el periodo de observación.....	45
Tabla 13. Tiempos de parada por equipos en el periodo de observación (expresados en horas)...	45
Tabla 14. Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en el mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan. ....	46
Tabla 15. Resultados de la aplicación del cuestionario para diagnosticar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa. ....	47
Tabla 16. Técnica del grupo nominal para priorizar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa. ....	51
Tabla 17. Relación de los problemas relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC y la metodología TMP .....	53
Tabla 18. Actividades relacionadas con educación y formación dentro de la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa ESMETEL PERÚ SAC... ..	55
Tabla 19. Actividades relacionadas con mejoras enfocadas. ....	56

Tabla 20. Materiales de limpieza para actividades relacionadas con mantenimiento autónomo. ....	57
Tabla 21. Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa .....	59
Tabla 22. Planificando la mejora en formación y educación usando la herramienta 5W + 1H .....	66
Tabla 23. Planificando la mejora en mejoras enfocadas usando la herramienta 5W + 1H .....	67
Tabla 24. Planificando la mejora en mantenimiento planificado progresivo usando la herramienta 5W + 1H.....	68
Tabla 25. Planificando la mejora en mejoras enfocadas usando la herramienta 5W + 1H .....	69
Tabla 26. Producción real y presupuesto de producción del monopolo 24 metros (en unidades) después de la implementación del TMP. ....	70
Tabla 27. Costos de producción real y presupuesto de producción en US\$ después de la implementación del TPM.....	71
Tabla 28. Costos del desperdicio generado en el proceso productivo en US\$ después de la implementación de TPM.....	71
Tabla 29. Costos por reprocesamiento de producto no conforme en US\$.....	71
Tabla 30. Comparación de los inductores antes y después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total:.....	72
Tabla 31. Resultados de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC antes y después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total.....	74
Tabla 32. Número de fallas por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el periodo de observación. ....	75
Tabla 33. Tiempos de horas totales de operación por equipos en el periodo de observación después de la implementación del TPM, expresado en horas. ....	75
Tabla 34. Tiempos de parada por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (expresados en horas). ....	76
Tabla 35. Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en el mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan. ....	76
Tabla 36. Recurso Humano necesario para la implementación del TPM.....	78
Tabla 37. Recursos materiales y financieros necesarios para la implementación del TPM.....	79
Tabla 38. Recursos materiales y financieros necesarios para la implementación del TPM en los 3 primeros meses.....	80

Tabla 39. Recursos materiales y financieros necesario para las actividades post implementación del TPM. ....	81
Tabla 40. Costos asociados al primer año de implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC. ....	82
Tabla 41. Cálculo de las ventas por incremento en la producción de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC para el primer año de implementación .....	83
Tabla 42. Cálculo de los beneficios económicos por incremento en la producción de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC para el primer año de implementación.....	84
Tabla 43. Relación Costo/Beneficio de la implementación del TPM. ....	85
Tabla 44. Comparación mensual Costo/Beneficio para obtener el punto de equilibrio. ....	86
Tabla 45. Proyección de los costos del proyecto y sus beneficios en los cinco años inmediatos a la implementación. ....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.....	14
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa ESMETEL PERU SAC. ....	17
Figura 3. Diagrama de Causa y Efecto (o Diagrama de Ishikawa), los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC.....	49
Figura 4. Diagrama de Pareto para priorizar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC .....	52
Figura 5. Estructura de Mantenimiento Productivo Total.....	54
Figura 6. Cronograma de implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC. ....	65
Figura 7. Fotografía de las capacitaciones en la línea de proceso.....	66
Figura 8. Fotografía de acciones correctivas .....	67
Figura 9. Fotografía de formato de capacitación de mantenimiento autónomo .....	68
Figura 10. Fotografía de plan de mantenimiento planificado progresivo .....	69
Figura 11. Indicadores de productividad antes y después de la implementación .....	87
Figura 12. Conocimiento de la técnica del TPM .....	88
Figura 13. Productividad antes y después de la implementación.....	88
Figura 14. Indicador de confiabilidad antes y después de la implementación.....	89
Figura 15. Indicador de mantenibilidad antes y después de la implementación .....	89
Figura 16. Indicador de disponibilidad antes y después de la implementación.....	90

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Fórmula 1. Productividad .....	31
Fórmula 2. Eficacia.....	34
Fórmula 3. Eficiencia.....	35
Fórmula 4. Efectividad.....	35
Fórmula 5. Calidad .....	35
Fórmula 6. Costo de calidad. ....	36
Fórmula 7. Economía .....	36

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Para extender la producción en las empresas del sector industrial que ofrecen apoyo al sector de las telecomunicaciones, se ha hecho ineludible crear y emplear estrategias de mejoramiento, lo que contiene acciones que completen el mejor uso de la materia prima, humanos y bancarios para alcanzar los niveles de eficiencia deseados, que se traduzca en el logro de las metas proyectadas y el presupuesto. También, es importante llevar un registro adecuado de eventos y acciones incididas sobre los bienes que se disponen para la producción, acciones que conducen tanto a la caracterización de los problemas en el uso de los equipos, materia prima y personal, como a la estimación del desempeño de los recursos empleados en el trabajo. Todas estas acciones favorecen la sustentabilidad de una empresa mediante una atenta organización de sus recursos y procesos de trabajo.

Existe variadas técnicas para incrementar la Productividad en una planta y mencionaremos algunas: estudio del trabajo que contempla mejora de métodos y estudio de tiempos, análisis y mejora de los procesos, técnica de las 5S, técnica del Lean Manufacturing, metodología Six Sigma, Kaizen, entre otros. Nuestro problema eran las paradas continuas en las máquinas, y la única técnica que busca eliminar las paradas de máquina para incrementar la Productividad es el Mantenimiento Productivo Total.

En este sentido, al examinar las diversas técnicas suministradas por la Ingeniería Industrial para la resolución, la mejora de los procesos, el Mantenimiento Productivo Total (conocido también por sus siglas en inglés TPM), es una destreza conformada por un conjunto de actividades diseñadas en forma secuencial y suplementarias, dirigidas a agregar valor mediante la organización de acciones relacionadas con el sostenimiento de maquinarias y equipos que, una vez implementadas, contribuyen a hacer una empresa más competitiva y en consecuencia, más productiva. De esta forma, sirve para planear una estrategia, ya que beneficia establecer las labores, desarrollar habilidades y calcular el desempeño, a través de la disminución sostenida de las fortuitas fallas en los equipos, lo que se transcribe en reducción de los tiempos de fabricación y mayor energía en el uso del personal y los recursos mercantiles de una organización.

En este sentido, la empresa ESMETEL PERÚ SAC, dedicada a los servicios integrales de equipos para telecomunicaciones, lo que involucra la fabricación y comercialización de bienes para sistemas de telecomunicaciones, servicios de mantenimiento y remodelación de estructuras metálicas en general, en cuyo proceso productivo es necesaria una gran variedad de materiales e insumos de cuyo aprovechamiento dependen la productividad y eficiencia de la misma. En ésta se evidenció la necesidad de evaluar sus procesos y operaciones, con el propósito de hacerla más competitiva y eficiente en el uso de sus recursos, por lo que el

propósito del estudio fue implementar estrategias basadas en la metodología del Mantenimiento Productivo Total para incrementar la productividad en la fabricación de monopolos en la organización sujeto de estudio.

Debido a lo antes descrito, ESMETEL PERÚ SAC, en la búsqueda continua de la calidad de su sistema productivo desea instituir dispositivos de seguimiento y control de materiales y procesos, lo que consienta la optimización de sus procedimientos desde la producción de los monopolos hasta la entrega y satisfacción del cliente. Asimismo, con el intento de garantizar su persistencia en el mercado, no es suficiente conocer cuál es el índice de pérdidas de materia prima, ni cuáles son sus causas, sino que es necesario establecer planes que permitan la minimización en la generación de desperdicios y productos no conformes y a través de la implementación de herramientas desde las perspectivas del TPM, reducir cada vez más la fisura existente entre los niveles actuales de fabricación, comercializaciones y la meta de convertirse en una empresa competitiva y productiva, de acuerdo con la visión de la organización.

### **1.1. Antecedentes**

ESMETEL PERÚ SAC., es una empresa creada con el propósito de desarrollar servicios integrales de equipos para telecomunicaciones, actividad que implica la fabricación y comercialización de bienes para sistemas de telecomunicaciones, servicios de mantenimiento y remodelación de estructuras metálicas en general. Su sede se encuentra en la calle Santa Ana, Lote 60 B, Fundo Chacra Cerro, en el distrito de Comas en la ciudad de Lima. Perteneció al sector industrial de la metalmecánica, el cual está estrechamente vinculado con los demás sectores productivos y por ser una industria transformadora de metales, está vinculado especialmente con la minería y las telecomunicaciones.

Para cumplir con este propósito, ESMETEL PERÚ SAC, cuenta con una organización que reúne a profesionales y técnicos especializados en la toma de datos, planificación, diseño, desarrollo y puesta en marcha de proyectos integrales sobre los servicios ya mencionados, así como en la prestación de servicios de mantenimiento preventivo – correctivo de instalaciones de estructuras metálicas.

#### **Misión:**

Proveer bienes para telecomunicaciones a todo nivel, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos de su empresa, favoreciendo el logro de objetivos empresariales y ofreciendo además soluciones eficientes y confiables a la medida y necesidad de nuestros clientes, con la mejor relación costo-beneficio-servicio y calidad.

#### **Visión:**

Ser reconocido como líder en la fabricación y distribución de productos para telecomunicaciones, ofreciendo a todos los clientes productos y servicios, con el fin de optimizar el máximo aprovechamiento de su infraestructura, logrando ser más competitivos cada día, y es por ello que se otorga prioridad al servicio antes, durante y después de la venta.

**Valores:**

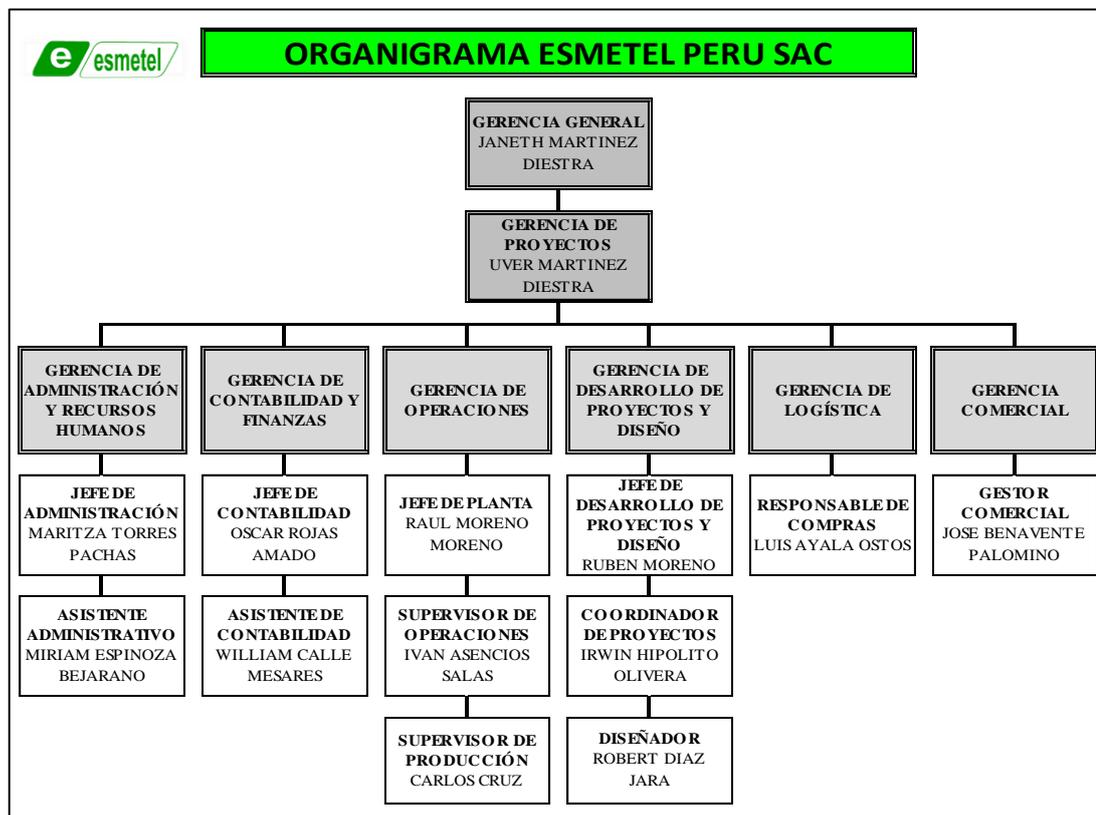
- Innovación: con la finalidad de conseguir mejores tecnologías, herramientas y procesos que permitan el desarrollo de la industria y con ello del país.
- Seguridad: se busca que con este valor la empresa desarrolle sus actividades tomando en cuenta la seguridad de los trabajadores, de los clientes, de la comunidad y de todos los grupos de interés.
- Respeto a las personas: la empresa promueve este valor mediante la protección de las personas, mejores prácticas laborales, respeto a las opiniones y la equidad de género.
- Cultura de la eficiencia y eficacia: será la única manera de ofrecer productos de calidad, con el mínimo de mermas y/o desperdicios.
- Liderazgo: gestionar, promover y ejecutar logro de metas y objetivos en los plazos establecidos.
- Responsabilidad: ser responsables de los actos y consecuencias, así como de la administración eficiente de los recursos, operando con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el desarrollo sostenible.

**Características del mercado en el que participa la empresa:** Las principales fortalezas del sector metalmecánica son la experiencia, conocimiento de los clientes y la concentración de empresas en parques industriales (clusters) que permite la venta de productos a precios de fábrica y el acceso a la oferta en un solo lugar. Es un sector muy diverso, que está articulado con todos los sectores económicos lo cual le permite tener potencial de desarrollo.

Del mismo modo, Di Natale, Picón y otros (2017), indican que las empresas del sector cuentan con gran capacidad para atender los requerimientos de sus clientes de acuerdo a especificaciones tecnológicas de complejidad simple y mediana.

Asimismo, se puede decir que es un sector que permite la generación de valor agregado para los socios, con lo cual el empresariado que participa en este sector está muy comprometido con la innovación y motivado para el desarrollo del sector. Las debilidades más resaltantes son la desventaja para competir con la gran cantidad de alta tecnologías provenientes de las naciones industrializadas, altos costos logísticos para el transporte y movilización de materiales, y alta dependencia de la importación de insumos para la producción como el hierro y el acero lo cual impacta en los costos de los productos.

Es un sector con necesidad de recurso humano calificado. Este sector depende mucho del crecimiento de la economía con lo cual el gobierno tiene un papel determinante al convertirse en impulsor a través de las medidas económicas que faciliten el desarrollo de los diferentes sectores económicos ya que estos a su vez impulsarán el desarrollo de este sector. En la figura 1, se presenta el organigrama funcional de la empresa.



**Figura 1.**

*Organigrama de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.*

**Fuente:** Departamento de Recursos Humanos de la empresa.

ESMETEL PERÚ SAC pertenece al sector de la fabricación de estructuras metálicas, lo que incluye torres auto soportadas, cuadradas, triangulares, ventadas, monopolos soportes de antenas, metalmecánica en general, que contiene a su vez una variedad de líneas de negocio, entre las que ofrece al mercado materiales para telefonía, instalación y provisión de torres de comunicaciones, servicios de fabricación, instalación, mantenimiento y remodelación de estructuras metálicas, provisión de materiales para comunicaciones, en la que destacan productos como muebles de metal en general, consolas, gabinetes, brackets, bandejas y ordenadores, escalerillas, terminales, soportes, ángulos, cable rack, entre otras soluciones. La planeación estratégica actual de la empresa comprende los siguientes objetivos y acciones (Ver Tabla 1)

**Tabla 1.**

*Objetivos y acciones de la planeación estratégica de la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

<b>Objetivo</b>	<b>Acciones</b>
Fortalecer la competitividad empresarial	<p>Capacitar a los operarios y supervisores en temas específicos de la actividad y gestión.</p> <p>Aplicar un modelo para gerenciar la calidad y lograr la certificación del producto.</p> <p>Desarrollar proyectos asociativos para lograr la integración entre empresas productoras de distintos materiales para asegurar la provisión efectiva en obra.</p> <p>Implementar la gestión de calidad para reducir los productos defectuosos, los desperdicios y los productos no conformes.</p>
Incrementar la eficiencia del proceso productivo	<p>Controlar los factores internos que intervienen en el proceso de producción.</p> <p>Adquirir maquinaria de tecnología de control numérico computarizado (CNC).</p> <p>Capacitar al recurso humano en el uso de la nueva tecnología.</p> <p>Implementar un control de materias primas e insumos por temas de inventarios.</p>
Mejorar el posicionamiento en el mercado interno	<p>Realizar una campaña de imagen de los productos y servicios orientada a las empresas demandantes.</p> <p>Explorar los mercados: participar en ferias o rondas de negocios. Confeccionar estudios de mercado.</p>

**Fuente:** Elaboración propia.

En lo que respecta al monopolio, el cual es el producto de la empresa que se toma como reseña para la presente investigación, son diseñados y fabricados en secciones tubulares de radios variables de acuerdo a condiciones de carga del monopolio y las descripciones del cliente. Estas estructuras son colocadas en sitios en donde se solicita mantener la armonía con el ambiente, debido a que son las que ocupan menos espacio. Como estas estructuras se instalan sobre terrenos, se deberá edificar una base o cimiento adecuado para resistir los efectos de la misma.

La empresa ESMETEL PERÚ S.A.C. realiza acoplamientos de monopolos empipados o con bridas de empalme en diferentes alturas. Además, se dispone con la logística adecuada para descartar, poner y trasladar los diferentes componentes a su lugar de instalación, así como las herramientas y equipos específicos para su correcto montaje. Se cuenta con el personal especializado para desarrollar las distintas tareas en altura capacitados técnicamente y comprometidos con estándares de seguridad vigentes. Cada monopolio se fabrica con su respectiva escalera de acceso, escalerilla para guías de onda, línea de vida y su correspondiente plataforma. El producto presenta las siguientes características:

- Secciones tubulares de diámetros variables de acuerdo a condiciones de carga del monopolo modulación igual a tres metros.
- Alturas: 21, 24 y 30 mts, según requerimientos del cliente.
- Tramos cada tres metros, unidos con brida interna.
- Escalera de acceso con sistema de seguridad tipo *lock* y pasos en varilla corrugada.
- Dos escalerillas para guías de onda de ancho 50 centímetros a lo largo del monopolo.
- Soportes para antenas de microondas y RF, en la cantidad especificada de acuerdo al diseño del monopolo.
- Plataforma de trabajo para antenas celulares, con piso en malla de material antideslizante y un ancho de cara de cuatro metros, para instalación de las antenas. Incluye tubería para soportes de antenas.
- Puente de guía de onda de 1 metro de ancho con protector superior para la guía, longitud de nueve metros y dos apoyos intermedios en ángulo con longitud de tres metros.
- Sistema de pararrayos consistente de una punta tipo Franklyn, con soporte y bajantes en cable 2/0 protegido en caucho, aisladores y soportes cada 1.5 metros.
- Tres platinas de tierra con cable 2/0 desnudo de una longitud de la altura del monopolo más 10 metros con aislador y soportes cada 3 metros.
- Luz de obstrucción con fotocelda con dos faros y bombillo incandescente de 300 watts, intermitente electrónico, con los accesorios respectivos tales como como cable, tubería galvanizada, cajas de paso, uniones y demás accesorios galvanizados adecuados para la intemperie. En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo para el proceso productivo del monopolo.

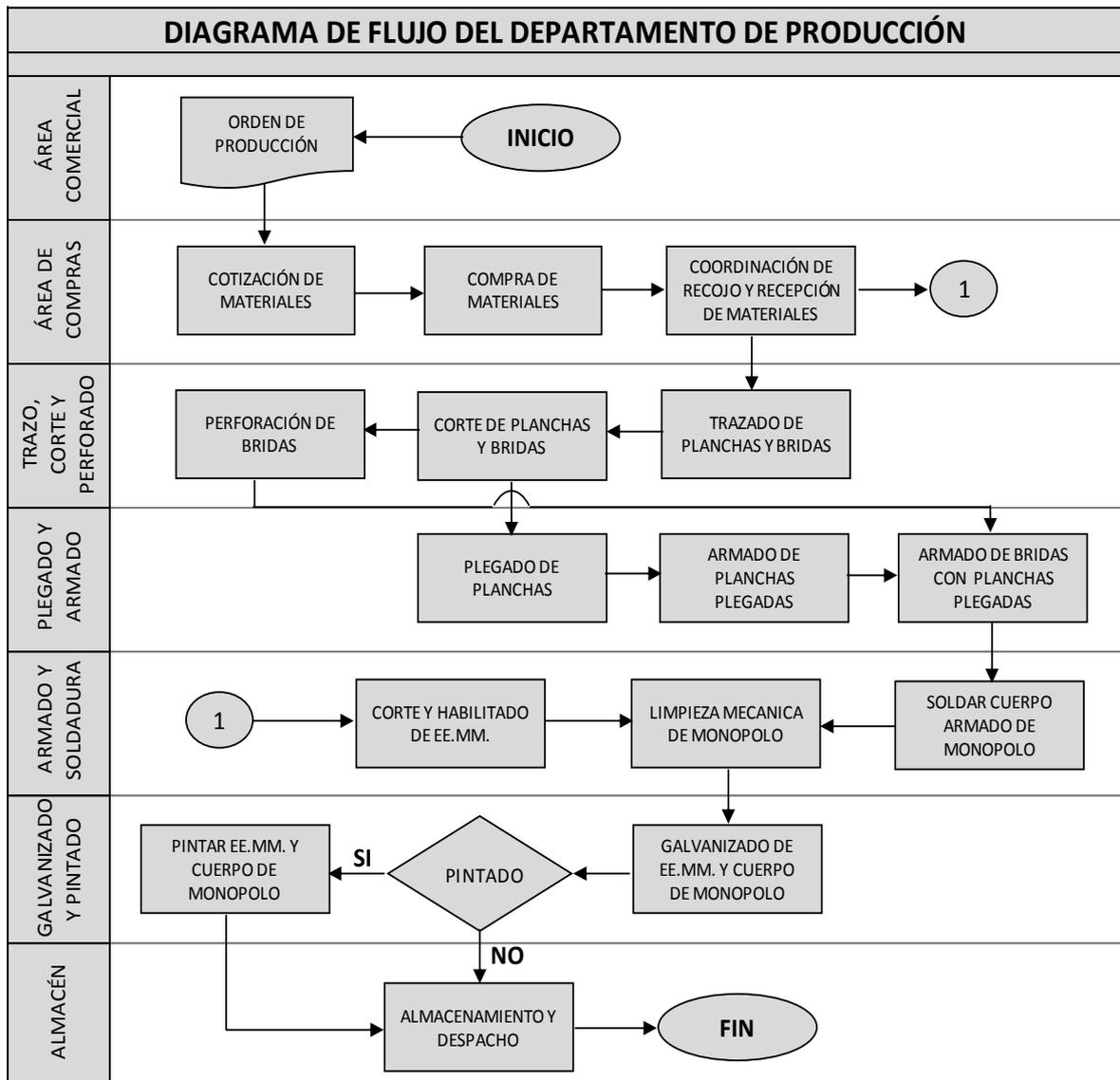


Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa ESMETEL PERU SAC.

Fuente: Departamento de Producción de la empresa.

## 1.2. Realidad problemática

Al presente el entorno empresarial caracterizado por la capacidad, el crecimiento continuo en los índices financieros de la nación y las nuevas estrategias gerenciales en la producción, obligan a las empresas que pertenecen al sector de construcción para las telecomunicaciones, a replantear sus procesos para lograr aumentar su producción, reducir la variabilidad, cumplir con los requisitos y necesidades de los clientes y poder posicionarse como líderes en el mercado al cual pertenecen. Para esto deben basar su planeación en el cliente, vigilando siempre la dicha del mismo como reseña, meta y compromiso de la organización. Asimismo, es necesario recalcar que la medición de la calidad del producto o

servicio suministrado por la empresa, estará en relación directa al gusto y lo que espera el consumidor; no sólo en cuanto a especificaciones técnicas se refiere, sino al tiempo o momento en el cual es requerido el producto, además del coste del mismo.

Esto ha tenido como consecuencia que existan otros sistemas de gestión avanzados desde la representación de la Ingeniería Industrial, que con sus tecnologías han reconocido una eficacia creciente de unos métodos beneficiosos, y que han culminado precisamente con la introducción del trabajo de los mecanismos y medios de elaboración encaminados a la preparación de la máxima eficacia. Uno de ellos es el denominado Mantenimiento Productivo Total (TPM). Esta metodología es una respuesta para aquellas organizaciones que pretendan ver su competitividad elevada a su máximo nivel, por cuanto la producción maximizaría su eficiencia procurando la reducción progresiva de los desperdicios hasta su eliminación, la calidad del proceso y sus productos a través de la eliminación de productos desechados y reprocesados y la gestión de los equipos, logrando así su máxima capacidad con el mínusculo uso de personas y materia prima. Al respecto, Silva (2005), hace la siguiente reflexión:

El Mantenimiento Productivo Total, TPM es un instrumento de característica particular para certificar que el proceso de fabricación ande de manera eficaz, con la supeditada exclusión de las paradas redundantes y disminución de los tiempos innecesarios. Por su naturaleza opera esencialmente como un procedimiento de prevención, más que de corregir algún defecto, no obstante, en sus instrucciones si indica las maneras a continuar para una rápida salida de los problemas que pudieran perturbar el compás de la elaboración (p. 5).

En este sentido, para conseguir sus objetivos comerciales y organizacionales, el proceso productivo de la empresa ESMETEL PERÚ SAC implica la utilización de recursos materiales (materia prima, insumos, maquinarias y equipos), de cuyo aprovechamiento dependen la productividad y eficiencia de la misma, sin embargo, se manifiestan inconformidades en la fabricación de monopolos, que han afectado su eficiencia y generan la inquietud de directivos y trabajadores de aplicar cambios en los métodos aplicados, en especial en el sostenimiento de los dispositivos y máquinas. Para la identificación de los problemas actuales, se realizó mediante la experiencia laboral en la empresa un conjunto de observaciones directas, con el centro de hacer una descripción de las fases de la elaboración de los monopolos, primordial beneficio de la empresa, lo que permitió demostrar las siguientes fallas:

- a) Cuando se habla de métodos, no se han precisado actividades de inspección a lo largo de la producción, lo que genera reprocesos en el momento final del ciclo, o el problema se soluciona en el lugar de instalación, lo que forma mala imagen frente al cliente. Además, como no se han definido procedimientos, permanecen fallas en la secuencia de trabajo, lo que exige a mover a los operarios para no detener las operaciones, lo que causa desorganización y retraso.

- b) En relación con las personas, no se le ha brindado capacitación al personal para el desarrollo de sus funciones, ni para el manejo y mantenimiento de maquinarias y equipos; se evidencia además la necesidad de control o supervisión para conservar lo avanzado en el ejercicio y poca estimulación del personal en cumplir con las metas de producción, lo que se traduce en inestabilidad de los procesos y baja producción.
- c) En relación con las maquinarias, se presentan fallas en la calibración de la máquina de corte, lo que ocasiona daños en los materiales. Se evidencia en este aspecto la ausencia de un procedimiento para conservar los equipos, lo que acabado en paradas de planta de hasta tres días.

Considerando estos componentes, aparece la idea de delimitar y evaluar los elementos que inciden sobre la producción, con el objetivo de mejorar la capacidad instalada de los equipos o eficiencia de línea y el rendimiento de materiales, lo que implicaría bajar costes, crear procesos estandarizados y mejorar la eficiencia de líneas de procesamiento, lo que representa una oportunidad de ahorro para la compañía.

Con base en el contexto descrito, en la empresa ESMETEL PERÚ SAC surgió la iniciativa de aplicar acciones de mejoramiento que incidan sobre la eficiencia, la productividad, el conocimiento de la mano de obra y el rendimiento de maquinarias y equipos. Como respuesta estas inquietudes de mejora, el TPM constituye una metodología que agrega valor a las organizaciones, promueve la participación del personal, se orienta hacia la eficiencia y sus resultados se reflejan en un incremento de la competitividad y productividad empresarial. Es por ello que el TPM es más que un esquema de manutención, ya que involucra la colaboración del recurso humano como promotor y generador del cambio y de prácticas cónsonas con el logro de la eficiencia. Al revisar la literatura, se observa que las experiencias de organizaciones que han desarrollado esta filosofía de trabajo, han mejorado ostensiblemente sus resultados.

### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema general**

¿Cómo incidiría la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) sobre la productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC, distrito de Comas, Lima - 2018?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los niveles de productividad actual de la empresa en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.?

- ¿Cuáles son los factores que influyen en la baja productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC?
- ¿Qué elementos deben considerarse para estructurar y planificar mejora con aplicación TPM, como una herramienta que ayude en el incremento de la productividad, el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC?
- ¿Cuáles son las acciones más efectivas que permitan implementar TPM en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ, S.A.C.?
- ¿Cuál es el costo y beneficio obtenido como resultado de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC?

#### 1.4. Justificación

##### **Justificación económica:**

Existen pérdidas de material ocasionadas por las paradas de máquina, del mes de enero hasta junio del 2018, llevan acumulada la cantidad de US\$ 8 161,80; proyectando a fin de año el doble. El desarrollo de estrategias basadas en la metodología del TPM para incrementar la productividad en la fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC, bajo una metodología estratégica, aumentaría la calidad y manera de responder en el mismo, con el propósito de prevenir cualquier desajuste financiero originado por medidas de cualquier índole que puedan afectar los costos de producción; aprovechar el mejor uso de los recursos disponibles; promover el conocimiento entre los trabajadores, controlar el efecto de posibles circunstancias desfavorables e imprevistas (paros, accidentes, mal tiempo, entre otros) que podrían retrasar o detener las operaciones productivas; controlar las características de cada proveedor (capacidad, servicio, calidad), lo que trae beneficios como la disminución de desperdicios y el continuo flujo de valor en la cadena principal la cual es la de operaciones acordes con el óptimo funcionamiento productivo de la empresa.

##### **Justificación empresarial:**

Mediante esta investigación se propuso identificar los problemas principales que afectan directamente el desempeño y del proceso productivo en la línea de fabricación de monopolos, e implementar un conjunto de estrategias que garanticen un uso correcto de los métodos de producción, ya que de otra forma si la empresa no replantea sus procesos y no aplica un nuevo método para realizar cada una de las operaciones de las mismas, puede conllevar al incremento de los desperdicios, manifestándose en altos costos de manufactura, lo cual es vital para la productividad de la empresa.

Todo lo anterior cumpliendo con los lineamientos de la empresa, e implementando de manera adecuada estrategias orientadas a la productividad mediante acciones de mantenimiento de maquinarias y equipos, para que faciliten los procesos que se llevan a cabo, lo que influirá en las operaciones y procesos de manera relevante, encontrando un mayor beneficio para la empresa, tales como: mejoramiento de los tiempos de respuesta, mejor uso de maquinarias y equipos, una reducción de los costos de posesión y un flujo continuo de valor en la cadena de suministro. Lo anteriormente descrito, plantea la necesidad de implementar estrategias basadas en la metodología del TPM, para aumentar la producción en la producción de monopolos, que contribuyan a disminuir las deficiencias, orientados a aumentar la eficiencia, la productividad y optimizar las operaciones mejorando los métodos y procedimientos ya existentes.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Implementar el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C, distrito de Comas, Lima - 2018.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la productividad actual, evaluando su impacto, en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.
- Identificar los factores que influyen en la baja productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.
- Estructurar y planificar mejora con aplicación TPM, como una herramienta que ayude en el incremento de la productividad, el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.
- Implementar TPM en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ, S.A.C.
- Determinar el costo y beneficio como resultado de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Mantenimiento Productivo Total.

#### 2.1.1. Conceptualización y enfoques del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Mantenimiento Productivo Total, en castellano de la metodología denominada *Total Productive Maintenance (TPM)*. Esta es una ideología de sustento industrial creada en Japón, inspirada en los avances relacionados con mantenimiento preventivo que se habían desarrollado los Estados Unidos de América después de la Segunda Guerra Mundial. Asimismo, la distribución del TMP permite su uso como método de gestión que contribuye a reducir pérdidas e ineficiencias a lo largo de las sistematizaciones de producción de una empresa, para el incremento de la eficacia utilizando la participación del personal y la dirección como factor clave del éxito.

Inmediatamente al término de la Segunda Guerra Mundial, muchas empresas y fábricas que operaban en Japón, entendieron el afán de perfeccionar sus productos mediante la incorporación de la gestión de calidad en sus procesos, con la finalidad de competir en forma exitosa en los mercados internacionales. Con este propósito, adaptaron a sus métodos de trabajo técnicas de gestión y de producción fundadas en Estados Unidos. Como consecuencia de esto, en menos de una década sus productos se convirtieron en un referente de calidad a nivel internacional, así como creció el interés por aplicar el “estilo japonés” en técnicas de gestión.

Así vemos que, las primeras iniciativas relacionadas con prevención del mantenimiento aparecieron en los Estados Unidos a mediados del siglo pasado, y las técnicas de mantenimiento productivo se hicieron de uso común en toda organización desde el año de 1960. A partir de estas prácticas, la filosofía de TPM se puso en marcha en la década de 1970. Las acciones que se realizaban en años anteriores al periodo mencionado, pueden denominarse simplemente acciones de reparaciones o averías. Es por ello, que cuando se hace referencia al TPM, no es otra cosa que una versión mejorada de las técnicas mantenimiento productivo creadas en los Estados Unidos, que luego fue convertido en filosofía de constante mejoramiento, adaptado a las realidades del sistema productivo japonés.

Al respecto, Niebel (2012), indica que “El TPM está orientado a innovar con un nuevo método agrupado que extienda la eficacia de toda la producción, instituyendo un sistema protector de desventajas en todos los procedimientos de la empresa” (p. 63). Esto incluye la minimización de desperdicios y accidentes laborales, cero defectos y cero averías en todo su ciclo de vida. Se aplica a todos los sectores involucrados en el proceso productivo más allá de los límites del área de elaboración, tales como investigación, desarrollo y administración. Se sustenta en

la participación del recurso humano que conforma la organización. La obtención de “cero pérdidas” se consigue a través de la conformación de equipos de trabajo pequeños. Asimismo, a partir de los estudios de Niebel (2012), se puede decir que el término TPM se refiere a tres enfoques:

- T del término "total" se define como "las diligencias que realizan los empleados que trabajan en la empresa" y se refiere a tres aspectos fundamentales que son: la participación del personal, la eficacia total y la gestión del mantenimiento desde su diseño, enfocado en la prevención.
- P está relacionada con el término productividad, en este caso de los equipos. También se puede referir a una comprensión más amplia asociada con el perfeccionamiento.
- M representa simultáneamente acciones de manejo y mantenimiento. Es un enfoque orientado a llevar cabo acciones desde la dirección y transformación de empresa. Conlleva a reorientar los roles y responsabilidades, tanto del personal operativo como el de mantenimiento, para alcanzar de esta forma la eliminación de barreras entre las funciones de mantenimiento y producción. De esta manera, el trabajo en equipo se interpreta en el mejoramiento de la disponibilidad de las máquinas y equipos.

En este orden de ideas, el JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) ha evolucionado la idea de TPM y en estudios recientes se reconoce que este enfoque de mejora continua ha logrado abarcar todos los aspectos de una empresa, hasta lograr incidir positivamente sobre la productividad de toda la organización. El TPM se caracteriza por los objetivos hacia cero; para que cualquier cosa tenga un valor cero, hay que procurar evitar que no ocurran. Por ello, Améndola (2009) manifiesta que el TPM pone sobre todo intensidad en la prevención, la cual se relata en los siguientes tres principios:

- Mantenimiento de los requerimientos básicos para la instalación de maquinarias y equipos. En este principio se debe impedir la avería de los equipos y máquinas, a través de un buen plan de mantenimiento en la que contribuyan con su disponibilidad y la máxima vida útil de los equipos.
- Reconocimiento anticipado de fallas, averías o causas de variabilidad, ya que incurren negativamente sobre las condiciones operativas normales y afectan a los resultados económicos del proceso productivo, al generar gastos de reparación. Por ello se debe seguir una estrategia en la que se empleen herramientas o inductores que permitan detectar señales de que vaya a ocurrir una situación anormal, sólo así en la aplicación del TPM se podrán emprender acciones correctivas a tiempo que no afecten las condiciones normales de trabajo.

- Calidad de respuesta. Ante e rápido reconocimiento de fallas o averías, la empresa debe disponer de soluciones flexibles que permita actuar rápidamente y reduzca las causas de variabilidad, antes de que ocurran los deterioros.

### **2.1.2. Objetivos del Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Con la aplicación de técnicas basadas en TPM, se impulsa la creación de ventajas competitivas de una organización, en semejanza con otras empresas que comparten su nicho en el mercado, ya que el logro de los objetivos del TPM se logra incidir positivamente sobre la capacidad de respuesta, minimizando los costos y gastos imprevistos por mantenimiento correctivo, mejor disponibilidad de suministros e incremento de las habilidades conocimiento del personal, todo lo que se refleja en los resultados finales; la calidad de los productos y servicios que se ofrecen al mercado. Por ello una vez iniciada un programa de TPM, los beneficios empiezan a apreciarse hacia la organización. Asimismo, los objetivos principales del TPM son los siguientes:

- La metodología de trabajo TPM contribuye a crear ventajas competitivas a partir del mejoramiento de las operaciones productivas de la empresa, por su incidencia sobre la efectividad de los procesos relacionados con equipos, maquinarias y personal, incremento de la calidad de respuesta, mejor uso del factor tiempo, estandarización de actividades, mejor uso de los recursos financieros y desarrollo del conocimiento organizacional.
- El TPM tiene como propósito un proceso productivo normal, donde las acciones cotidianas de los equipos operen sin avería ni fallos, eliminando pérdidas y desperdicios por fallas en el mantenimiento, garantizando la disponibilidad de los equipos y empleando al máximo las características y condiciones de la fábrica. Una vez alcanzado este nivel, los resultados de la operación mejoran, se procura la reducción de costos e inventarios y en consecuencia se incrementa la productividad.
- El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, a través de un entorno creativo, seguro, productivo, donde cada trabajador pueda desarrollar al máximo sus habilidades y conocimientos; y donde trabajar sea una experiencia muy retadora.

### **2.1.3. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

En cuanto a su fundamentación metodológica, la filosofía del sistema de mejora continua TPM se basa en seis pilares, que al ser aplicados dentro de la organización garantizan la obtención de mejoras en los sistemas productivos: educación y formación, mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado progresivo, prevención del mantenimiento, y normas de seguridad y ambiente.

**Educación y formación:** Este pilar tiene como objetivo aumentar las capacidades y habilidades de los trabajadores. Según Mantilla (2016), nos define que las habilidades están enlazadas con la forma adecuada de analizar y ejecutar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. En otras palabras, se requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para identificar y detectar problemas en los equipos, resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos, capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a sus compañeros, entre otros.

**Mejoras enfocadas:** Son actividades que se planifican con la participación de otras áreas que conforman el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la eficiencia del recurso humano, máquinas y equipos; todo esto conlleva a un trabajo organizado en equipos multifuncionales donde emplean metodologías específicas y concentrando su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales. En otras palabras, se trata de aplicar sobre el proceso de mejora continua, principios establecidos en los procesos de Control Total de Calidad mediante la aplicación. En otras palabras, se trata de aplicar sobre el proceso de mejora continua, principios establecidos en los procesos de Control Total de Calidad, aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento.

**Mantenimiento autónomo:** Son actividades diarias que realizan los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, cambio de herramientas y piezas; sobre todo acciones que conduzcan a mantener los equipos en buen estado de funcionamiento.

De esta forma, mediante la formación, los operadores tendrán la capacidad de entender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar observaciones preventivas, colaborar en la resolución de problemas y la ejecución de trabajos simples de mantenimiento en una etapa inicial, para luego llevar a cabo tareas de mantenimiento más complejas. Además, con la implementación de este pilar se busca:

- Emplear el equipo o maquinaria, como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento en la empresa.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Evitar el deterioro del equipo mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares.
- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.

**Mantenimiento planificado progresivo:** El objetivo del mantenimiento planificado progresivo es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejoramiento,

prevención y predicción de fallas. De esta forma, para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento, se hace vital contar con una base de información referencial y la generación de conocimiento a partir de los datos analizados, capacidad de planificación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

El mantenimiento planificado, preventivo o programado es uno de los aspectos más relevantes cuando una organización industrial se propone aumentar sus beneficios. Su objetivo consiste en eliminar los problemas asociados al mantenimiento de maquinarias o equipos, mediante acciones preventivas y predictivas, y su propósito final es el lograr en forma gradual la eliminación de averías en planta. Con la implementación de este pilar se pretende eliminar las causas de deterioro acelerado ya sea por mala operación del equipo, debilidades del diseño original de éste o mala conservación por tiempo de uso. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento planificado progresivo, es necesario contar con:

- Bases de datos de eventos, incidencias y problemas comunes relacionados con maquinarias y equipos.
- Información relacionada con el capital humano interno (nivel de conocimiento y experiencia de los operarios y responsables de mantenimiento), así como la asesoría externa (habilidades de técnicos y experiencia de los proveedores).
- Capacidad de planificación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento.
- Habilidades de motivación y coordinación del talento humano relacionado con estas actividades.
- Es necesario además concebir la estructura del programa de mantenimiento, lo que debe incluir los componentes y requisitos de conservación, confiabilidad, mantenibilidad y un plan que apunte hacia la capacidad de gestión de la organización, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

Otros de los objetivos del mantenimiento planificado, es que el operario una vez capacitado, pueda identificar las fallas y señalice las irregularidades que puedan afectar al desempeño del equipo, así como el técnico especializado que vaya directo a la falla y la elimine.

**Prevención del mantenimiento:** Son aquellas acciones orientadas al mejoramiento que se llevan a cabo durante la etapa de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su uso. De esta forma, al programarse la compra de nuevos equipos, una empresa puede hacer uso de la evolución documentada respecto al comportamiento de las máquinas que posee, con el propósito de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir considerablemente las razones que originan averías desde el mismo momento en que se planifica la adquisición un nuevo equipo.

**Normas de seguridad y ambiente:** Este pilar tiene como propósito crear un ambiente ideal para la gestión de la seguridad, con la intención prevenir riesgos que puedan afectar a la integridad de las personas o efectos negativos al medio ambiente. Pretende lograr cero accidentes y ceros incidentes medioambientales.

#### 2.1.4. Beneficios del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

En lo que respecta a los beneficios del TPM, esta metodología permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. En la tabla 2, se muestran los beneficios del TPM con respecto a la organización, a la seguridad y a la productividad, objeto específico de la presente investigación:

**Tabla 2.**

*Beneficios del Mantenimiento Productivo Total.*

<b>Beneficios con respecto a la organización</b>
Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
Mejor control de las operaciones.
Incremento de la moral de empleado.
Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
Aprendizaje permanente.
Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
Redes de comunicación eficaces.
<b>Beneficios con respecto a la seguridad</b>
Mejora las condiciones ambientales.
Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
Entendimiento del por qué de ciertas normas, en lugar de cómo hacerlo.
Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
Elimina radicalmente las fuentes de contaminación y polución.
<b>Beneficios con respecto a la productividad</b>
Elimina pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
Reducción de los costes de mantenimiento.
Mejora de la calidad del producto final.
Menor coste financiero por recambios.
Mejora de la tecnología de la empresa.
Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
Crea capacidades competitivas desde la fábrica.

**Fuente:** Elaboración propia, a partir de información obtenida de Silva (2005).

### 2.1.5. Herramientas básicas de diagnóstico y mejora empleadas en TPM.

En relación con las herramientas básicas de diagnóstico y mejora empleadas en TPM se mencionan las siguientes:

**Aplicación de técnicas de recolección de datos para identificar la situación actual y formular objetivos:** En este paso es necesario llevar a cabo un diagnóstico de problema en forma general, con el propósito de identificar las debilidades y fallas asociadas con el problema seleccionado. En esta fase se deben preparar documentos que permitan obtener o procesar información sobre averías, fallos, reparaciones y otros registros sobre las pérdidas por problemas relacionados con procesos, planificación, calidad o recursos. Esta información se debe presentar en forma gráfica y estratificada para facilitar su interpretación y el diagnóstico del problema.

**Técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad (siete herramientas):** Es un conjunto establecido de técnicas visuales identificadas como las más apropiadas en la solución de problemas relacionados con la calidad. Se denominan básicas, porque son adecuadas para personas con formación esencial en estadística, y también pueden ser utilizadas para resolver la gran mayoría de las cuestiones relacionadas con la calidad. Estas herramientas son: Diagrama de causa y efecto (también llamado gráfico de Ishikawa o espina de pescado). Diagrama de flujo, Hoja de verificación o de chequeo. Diagrama de Pareto. Histogramas. Diagramas o gráfico de control, y diagramas de dispersión. Para el estudio realizado, se emplearon de estas técnicas el Diagrama de causa y efecto, el diagrama de flujo, el diagrama de Pareto y las Hojas de verificación o de chequeo.

**Diagrama de Causa y Efecto o Ishikawa:** El diagrama causa-efecto es una herramienta de análisis que permite realizar una representación gráfica de las causas que pueden originar un determinado efecto o problema, como paso previo a la identificación de las soluciones. Suele aplicarse en el diagnóstico de las causas de un problema, mediante la conformación de un grupo de personas que pueden ofrecer opiniones de importancia respecto al problema a analizar. Por ello, está considerada como una de las 7 herramientas básicas de la calidad, siendo una de las más utilizadas, sencillas y que ofrecen mejores resultados. El diagrama causa-efecto se conoce también con el nombre de su creador, el profesor japonés Kaoru Ishikawa (diagrama de Ishikawa), o como el “diagrama de espina de pescado”.

**Técnica de Grupo Nominal:** La técnica de grupo nominal es un proceso grupal que implica la identificación de problemas, la generación de soluciones y la toma de decisiones. Se puede usar en grupos de varios tamaños, que quieran tomar decisiones rápidamente, por votación, pero que deseen tener en cuenta las opiniones de todos. Es una técnica muy útil para los

objetivos creativos que tienen un gran número de soluciones. Eficaz para concretar más objetivos y hacer una primera evaluación para nuestra evaluación de ideas.

Fue introducida por Delbecq y Van de Ven (Delbecq y Van de Ven, 1971) y desarrollada posteriormente por los mismos autores. Es una técnica creativa empleada para facilitar la generación de ideas y el análisis de problemas. Este análisis se lleva a cabo de un modo altamente estructurado, permitiendo que al final de la reunión se alcancen un importante número de conclusiones sobre las cuestiones planteadas. La Técnica de Grupo Nominal hace posible alcanzar un consenso rápido con relación a cuestiones, problemas, soluciones o proyectos. Permite producir y priorizar un amplio número de elementos.

**Diagrama de flujo:** Es una gráfica que muestra secuencialmente los pasos y las eventuales ramificaciones que existen en un proceso que convierte una o más entradas en una o más salidas. Los diagramas de flujo muestran las actividades, los puntos de decisión, las ramificaciones, las rutas paralelas y el orden general de proceso. Los diagramas de flujo pueden resultar útiles para entender y estimar el costo de la calidad de un proceso. Esto se consigue mediante la aplicación de la lógica de ramificaciones del diagrama de flujo y sus frecuencias relativas para estimar el valor monetario esperado para el trabajo conforme y no conforme requerido para entregar la salida conforme esperada.

**Diagrama de Pareto:** Los diagramas de Pareto son una forma de un gráfico de barras verticales y se utilizan para identificar las fuentes principales causantes de la mayor parte de los efectos de un problema en particular. Para ello, las categorías que se muestran en el eje horizontal representan una distribución probabilística válida que cubre el 100% de las observaciones posibles. Las frecuencias relativas de cada una de las causas especificadas recogidas en el eje horizontal van disminuyendo en magnitud, hasta llegar a una zona en la que se identifican todas las causas de menor importancia.

**Hojas de verificación:** Llamadas también hojas de control, son básicamente una lista de comprobación a la hora de recoger datos en relación a un proceso o equipo. Las hojas de verificación o de control se emplean para organizar los hechos de manera que se facilite la recopilación de un conjunto de datos útiles sobre un posible problema. Son especialmente útiles a la hora de recoger datos de los atributos mientras se realizan inspecciones para identificar defectos.

**Otros métodos de diagnóstico del problema:** Las técnicas de análisis empleadas con mayor frecuencia en el estudio de los problemas relacionados con el mantenimiento provienen del campo de la calidad. Debido a su facilidad y simplicidad tienen la posibilidad de ser utilizadas por la mayoría de los trabajadores de una planta. Sin embargo, existen otras

técnicas de desarrollo en TPM que permiten llegar a eliminar en forma radical los factores causales de las averías de los equipos.

Las técnicas más empleadas por los equipos de estudio son: Método Why & Why conocida como técnica de conocer porqué; Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFES); método PM o de función de los principios físicos de la avería, Técnicas de Ingeniería del Valor; análisis de datos; técnicas tradicionales de Mejora de la Calidad: siete herramientas, análisis de flujo y otras técnicas utilizadas en los sistemas de producción Justo a Tiempo como el SMED o cambio rápido de herramientas.

### 2.1.6. Indicadores de mantenimiento.

**Indicador de confiabilidad:** Se define como la probabilidad de que una máquina o equipo funcione satisfactoriamente, durante un tiempo específico y bajo condiciones operativas dadas. La confiabilidad se cuantifica mediante el tiempo medio entre fallos (MTBF).

**Tiempo medio entre fallos (MTBF):** Mide el tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a su capacidad, sin interrupciones dentro de un periodo considerado. Su fórmula es la siguiente:

$$MTBF = \frac{HROP}{NTFALLAS + 1}$$

Donde:

HROP= Total horas de operación

NTFALLAS= Número de fallas detectadas

**Indicador de mantenibilidad:** Se define como la probabilidad de que un equipo, pueda ser reparado a una condición específica en un periodo de tiempo determinado y quedar en condiciones operativas. Se cuantifica mediante el tiempo medio de reparaciones (MTTR).

$$MTTR = \frac{TTF}{NTFALLAS}$$

Donde:

TTF= Tiempo total de fallas

NTFALLAS= Número de fallas detectadas

**Indicador de disponibilidad:** Se considera el principal indicador asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción. Se define como la probabilidad de que un equipo esté disponible para su uso en un periodo de calendario dado. Para realizar un análisis de

disponibilidad del equipo se debe tener en cuenta los correctivos y fallos, así como las actividades de mantenimiento programado que le aplican.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF= tiempo medio entre fallos

MTTR= Tiempo medio de reparaciones

## 2.2. Productividad

### 2.2.1. Conceptualización y medición de la productividad.

La productividad, de acuerdo con Torres (2005), “es una medida relativa que mide la capacidad de un factor productivo para crear determinados bienes en una unidad de tiempo” (p. 61). El autor agrega que la productividad del trabajo, por ejemplo, se mide por la producción anual -o diaria, u horaria- por hombre ocupado: ello indica qué cantidad de bienes es capaz de producir un trabajador, como promedio, en un cierto período. Asimismo, García (2011), indica que “productividad es “la relación entre los productos logrados y los insumos que fueron utilizados o los factores de la producción que intervinieron”. (p. 17)

Según Gutiérrez (2014), nos dice que “la productividad se suele medir en sus dos componentes de eficiencia (tiempo útil y tiempo total) y la eficacia (unidades producidas entre unidades programadas). (p. 21)

Fórmula 1.

*Productividad*

$$\mathbf{Productividad = Eficiencia \times Eficacia}$$

**Fuente:** Humberto Gutierrez Pulido (2014)

De esta manera se puede interpretar la productividad como la forma de alcanzar mejores resultados aprovechando al máximo los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, entre otros.

De esta forma, si se modifica la cantidad de trabajadores, obviamente, no se estará aumentando la productividad; ello sólo ocurrirá si se logra que el mismo número de

trabajadores, al desarrollar sus habilidades o mejorar sus condiciones de trabajo, produzcan más en el mismo lapso de tiempo. Torres (2005) explica al respecto que la productividad total ha crecido notablemente en las últimas décadas, motivado por la incorporación de los cambios tecnológicos y la mejora de los procesos productivos con las nuevas metodologías de gestión, así como a la existencia de trabajadores con mayor nivel de conocimiento.

Lo mismo se aplica a los otros factores productivos. Si bien no es fácil medir con exactitud la productividad de cada factor en forma independiente, pues en la práctica ellos se combinan de un modo que hace dificultosa tal separación, es posible tener, en cambio, una idea aproximada de la contribución de cada uno al producto final. Por su parte, Torres (2005); indica que el aumento de la productividad está asociado al crecimiento económico de las naciones: es decir, el índice de productividad expresa el aprovechamiento adecuado de todos y cada uno de los factores de la producción, los críticos e importantes, en un periodo definido.

Asimismo, Céspedes, Lavado y Ramírez (2016), definen a la productividad como “una medida de la eficiencia en el uso de los factores en el proceso productivo”. De esta forma, si una economía produce con un único factor, por ejemplo, el trabajo, la productividad puede entenderse como la cantidad de producto por unidad de trabajo, comúnmente denominada “productividad laboral”. Según esta definición, un trabajador con mayor productividad producirá más unidades del producto. Estos autores proponen el siguiente modelo para medir la productividad desde las siguientes variables (Ver Tabla 3):

**Tabla 3.**

*Indicadores de productividad.*

<b>Indicador</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Inductores</b>
Eficacia	Mide la capacidad que tiene la organización en la actualidad en cumplir sus metas de producción.	Se obtiene de la división entre la producción real entre la producción presupuestada, expresado en términos porcentuales.
Eficiencia	Mide el uso óptimo de los recursos materiales en el proceso productivo.	División entre el nivel de desperdicio generado en el proceso productivo entre el total de producción real, expresado en términos porcentuales.
Efectividad	Mide la capacidad real de producción en un periodo de tiempo.	Se obtiene de la división entre el total de producción realizada en el periodo de observación entre el total de tiempo invertido (en el periodo). Se expresa en la cantidad de producto que se puede producir en un lapso de tiempo.
Calidad	Mide la capacidad de elaborar productos conformes con los requisitos del cliente.	Se obtiene de la división entre el total producto no conforme (en unidades), entre el total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales de producto conforme.
Costo de la calidad	Mide la capacidad de aprovechar los recursos financieros para elaborar productos conformes con los requisitos del cliente.	Se obtiene de la división entre el costo de reprocesamiento de productos no conformes, entre el costo total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales.
Economía	Evaluar la capacidad del área de producción de convertir los recursos disponibles (recursos humanos, materias primas y maquinarias), en productos aptos para la venta, sin desperdicio.	El costo de producción de los productos aptos para la venta se obtiene del costo total menos el costo del desperdicio y el costo del producto no conforme.

**Fuente:** Céspedes, Lavado y Ramírez (2016).

A partir de estos indicadores, se puede decir que productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados; es por tanto un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes o servicios. La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado. Es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables.

De igual forma se expone los estudios realizados por Harrington Emerson, citado por Améndola (2009). Según él, el problema de la ineficiencia humana, podía solucionarse de dos maneras:

- a) Imaginando métodos que capacitarán a las personas para realizar “el máximo de lo que ellas puedan hacer”, en relación a la tarea o los fines establecidos, ya que la mayoría de las personas son eficientes solamente en un 60% al realizar sus objetivos de trabajo.
- b) Diseñándose formas de fijación de objetivos que requiriesen “el mayor desempeño de que se pueda ser capaz”, en razón de que las eficiencias actuales son menos del 1% de la capacidad real.

De acuerdo con Améndola (2009), Emerson estableció un concepto moderno de lo que debería ser la eficiencia y los principios que habrían de garantizar su logro. Pero los principios no bastan, hacen falta herramientas que permitan determinar cómo, cuándo y de qué manera se es eficiente. Se asume esta teoría como fundamento a la investigación ya que el autor ayuda a clarificar, como se debe llevar a cabo cada uno de los procesos, con la eficiencia y eficacia que caracteriza a cada uno de ellos, además de enumerar los principios que rigen para llevar a cabo exitosamente cada uno de los pasos, también se evidencia el compromiso que se asume el papel del personal que interviene en el mantenimiento.

La producción, el rendimiento o desempeño, los costos y los resultados son componentes del esfuerzo de productividad. No son términos extrañamente equivalentes. La mayoría asocia el concepto de productividad con el de producción, debido a que la productividad es algo más visible, tangible y medible en esa actividad. Los economistas han respaldado esta definición tradicional al afirmar que la productividad es el resultado (la producción) que se obtiene por cada unidad de trabajo que interviene. Este punto de vista tiene que cambiar para que incluya a todos los segmentos del trabajo. El sector educativo, el gobierno, los grupos de servicio y los grupos de profesionales deben seguir interesados y preocupados por la productividad.

### 2.2.2. Dimensiones de la productividad

Existen criterios utilizados en la evaluación del desempeño de un sistema, los cuales están relacionados con la productividad:

**Eficacia:** Mide la capacidad que tiene la organización en la actualidad en cumplir sus metas de producción. Se obtiene de la división entre la producción real entre la producción presupuestada, expresado en términos porcentuales.

Fórmula 2.

*Eficacia*

$$\text{Eficacia de la Producción} = \frac{\text{Producción Real}}{\text{Producción Presupuestada}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

**Eficiencia:** Mide el uso óptimo de los recursos materiales en el proceso productivo. Se obtiene de la división entre el nivel de desperdicio generado en el proceso productivo (en términos monetarios) entre el total de producción real (en términos monetarios), expresado en términos porcentuales.

Fórmula 3.

*Eficiencia*

$$\text{Eficiencia de la Producción} = 1 - \frac{\text{Total Desperdicio en US\$}}{\text{Producción Real en US\$}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

**Efectividad:** Mide la capacidad real de producción en un periodo de tiempo. Se obtiene de la división entre el total de producción realizada en el periodo de observación entre el total de tiempo invertido (en meses). Se expresa en la cantidad de producto que se puede producir en un día.

Fórmula 4.

*Efectividad*

$$\text{Efectividad de la Producción} = \frac{\text{Producción Real en Unidades}}{\text{Tiempo Invertido en Producción}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

**Calidad:** Mide la capacidad de elaborar productos conformes con los requisitos del cliente. Se obtiene de la división entre el total producto no conforme (en unidades), entre el total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales de producto conforme.

Fórmula 5.

*Calidad*

$$\text{Calidad de la Producción} = 1 - \frac{\text{Total Producto No Conforme}}{\text{Producción Real}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

**Costo de la calidad:** Mide la capacidad de aprovechar los recursos financieros para elaborar productos conformes con los requisitos del cliente. Se obtiene de la división entre el costo de

reprocesamiento de productos no conformes, entre el costo total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales.

Fórmula 6.

*Costo de la Calidad*

$$\text{Costo de Calidad} = \frac{\text{Costos de Reprocesamiento}}{\text{Costos de Producción}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

**Economía:** Mide el costo de producción de los productos aptos para la venta entre el total de costo de producción, para evaluar la capacidad del área de producción de convertir los recursos disponibles (recursos humanos, materias primas y maquinarias), en productos aptos para la venta, sin desperdicio. El costo de producción de los productos aptos para la venta se obtiene del costo total menos el costo del desperdicio y el costo del producto no conforme.

Fórmula 7.

*Economía*

$$\text{Economía de la Producción} = \frac{\text{Total de Costos de Producción} - \text{Desperdicio} - \text{No Conforme}}{\text{Total de Costos}}$$

**Fuente:** Nikita Céspedes, Pablo Lavado y Nelson Ramírez Roldan (2016)

### 2.2.3. Factores que inciden en la productividad.

**Diseño del proceso:** Estos factores incluyen elementos como flujo de la actividad de producción, incorporación de equipos automatizados, composición del recurso humano y definición de los componentes del proceso de acuerdo a los requisitos de elaboración. Si el tipo de proceso no se selecciona apropiadamente de acuerdo al producto y al mercado, pueden originar deficiencias. Dentro de un proceso dado existen muchas formas de organizar el flujo de información, el material y los clientes. Estos flujos se pueden mejorar con nuevos equipos de análisis de flujos de procesos, con incrementos en la productividad.

**Capital Humano:** La fuerza de trabajo es tal vez el factor más importante de todos, está asociado a un gran número de actividades como: selección y ubicación del recurso humano, formación y capacitación, diseño del trabajo, supervisión, estructura organizacional, remuneraciones, objetivos y sindicatos, entre otros.

**Inventarios:** El inventario puede ser un impedimento o una contribución para la productividad de una empresa. Muy poco inventario puede conducir a la pérdida de oportunidad de ventas,

volumen reducido y productividad más baja; por el contrario, exceso de inventario producirá costos más elevados de capital y menor productividad.

**Calidad:** Con respecto a la calidad, se sabe que bajos niveles de calidad conduce a una productividad deficiente. La prevención de errores y el hacer las cosas bien desde la primera vez son dos de los estimulantes más poderosos tanto para la calidad como para la productividad.

**Factores humanos:** De acuerdo con la revisión de Cequea y Núñez (2011), son varios los factores referidos a las personas que tienen incidencia en la productividad, como son la motivación, la satisfacción laboral, la participación, el aprendizaje y la formación, la comunicación, los hábitos de trabajo, el clima laboral, la toma de decisiones, el manejo de conflictos, el liderazgo y estilo gerencial, la cultura organizacional, la comunicación, la capacitación y las recompensas.

### 2.3. Definición de términos básicos

**Calidad:** Es el nivel de excelencia que la empresa ha logrado alcanzar para satisfacer a su clientela. Representa al mismo tiempo, la medida en que se logra dicha calidad.

**Desperdicio:** Todo lo que sea distinto a los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas, y mano de obra necesarios para agregar valor al producto.

**Eficiencia:** Es el nivel del logro en la realización de los objetivos por parte de una organización, con el menor costo de recursos financieros, humanos y tiempo.

**Estrategia:** Programas generales de acción que implican programación de recursos y logro de metas para orientar a organización hacia una dirección.

**Indicadores de gestión:** Son las dimensiones cuantitativas o cualitativas que a través de una unidad de medida permite medir, comparar y evaluar su comportamiento en forma estática o dinámica. Permite medir el nivel de la eficiencia, efectividad y productividad de unidad de análisis, en base a un plan operativo o estratégico.

**Lineamientos:** Se entenderá por lineamientos al conjunto de acciones específicas que determinan la forma, lugar y modo para llevar a cabo una política en materia de obra y servicios relacionados con la misma. Establecimiento de los términos, límites y características de las actividades internas de la organización.

**Manual de normas y procedimientos:** El manual de procedimientos contiene una descripción precisa de cómo deben desarrollarse las actividades de cada empresa. Ha de ser un documento interno, del que se debe registrar y controlar las copias que de los mismos se realizan.

**Políticas:** es el conjunto de ideas que se enmarcan para la práctica del desarrollo de la empresa, las cuales deben ser ajustadas y definidas a la caracterización de la empresa.

**Proceso:** se puede definir como una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados. Un proceso es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas que existen para conseguir un resultado bien definido dentro de un negocio; por lo tanto, toman una entrada y le agregan valor para producir una salida.

## CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Determinar la productividad actual, evaluando su impacto, en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.

#### 3.1.1. Determinación de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.

La primera actividad desarrollada fue la identificación, formulación y aplicación de los indicadores más adecuados para medir la productividad en la organización, así como los indicadores relacionados con mantenimiento, para establecer una relación entre la aplicación de la metodología del Mantenimiento Productivo Total y la productividad. Como referencia de los indicadores, se recurrió al modelo de Indicadores de Calidad y Productividad de Gutiérrez (2010), adaptado a las características de la empresa. Para ello, se consideraron las siguientes referencias e inductores (Ver Tabla 4):

**Tabla 4.**

*Referencias e inductores de la productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

Indicador	Inductor	Descripción
Eficacia	Niveles de producción.	Cumplimiento de los niveles de producción en relación con el presupuesto de producción.
Eficiencia	Niveles de desperdicio.	Costo de los desperdicios generados en la producción en comparación con el costo total de producción
Efectividad	Tiempo de producción.	Relación entre total de unidades producidas en un periodo y el tiempo invertido en dicha producción.
Calidad	Producto no conforme.	Total de producto no conforme al final del proceso productivo entre el total de producción, así como la valoración económica de los gastos por reprocesamiento.
Economía	Costo producto conforme	Relación del total de producto conforme entre el total de costos de producción en un periodo.

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de la información presentada en la Tabla 4, se presentan los requisitos de información para el desarrollo de los indicadores. Estos requisitos son los siguientes:

- Producción mensual.
- Presupuesto de producción.
- Costos de producción mensual.
- Costo del desperdicio generado en producción mensual.
- Días hábiles de producción mensual.

- f) Gastos por reprocesamiento de producto no conforme.

Para presentar los indicadores de productividad asociados a la fabricación de monopolos, de ESMETEL PERÚ SAC, la organización limitó a los investigadores a las siguientes premisas:

- a) Se suministraron datos de la empresa solamente de los últimos seis meses antes del inicio del proyecto, es decir, de enero a junio del año 2018.
- b) Se tomó como referencia para los cálculos el producto monopolo de 24 metros, ya que es el producto de mayor venta y bajo el cual se hacen todos los cálculos estadísticos, financieros y de producción en la organización.

Para poder desarrollar los indicadores, se presentan las tablas con los requisitos de información para la identificación de los inductores. En la Tabla 5, se presenta la comparación de la producción mensual con el presupuesto de producción de la empresa ESMETEL PERU SAC en el periodo indicado:

**Tabla 5.**

*Producción real y presupuesto de producción del monopolo 24 metros (en unidades).*

Mes	Producción real	Producción presupuestada
Enero	11	16
Febrero	15	16
Marzo	12	16
Abril	12	16
Mayo	11	16
Junio	15	16
<b>Totales</b>	<b>76</b>	<b>96</b>

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la Tabla 6, se presenta los costos reales de producción en comparación con el costo presupuestado de producción para el mismo número de unidades producidas:

**Tabla 6.**

*Costos de producción real y presupuesto de producción en US\$.*

Mes	Unidades producidas	Costos de producción real	Costo presupuestado
Enero	11	88 597,15	86 962,26
Febrero	15	120 505,98	118 584,90
Marzo	12	95 977,88	94 867,92
Abril	12	96 053,76	94 867,92
Mayo	11	88 110,16	86 962,26
Junio	15	119 747,03	118 584,90
<b>Totales</b>	<b>76</b>	<b>608 991,96</b>	<b>600 830,16</b>

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la Tabla 7, se muestran los costos del desperdicio generado en el proceso productivo (piezas dañadas, uso inadecuado de materiales, entre otros):

**Tabla 7.**

*Costos del desperdicio generado por la falla de máquina en el proceso productivo en US\$.*

Mes	Costos por desperdicio
Enero	478,29
Febrero	794,52
Marzo	426,91
Abril	455,37
Mayo	226,10
Junio	260,88
Totales	2 642,07

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la Tabla 8, se muestran los costos incurridos por reprocesamiento de producto no conforme al final del proceso de fabricación:

**Tabla 8.**

*Costos por reprocesamiento de producto no conforme por parada de máquina en US\$.*

Mes	Unidades no conformes	Costos por reprocesamiento
Enero	1	1 156,60
Febrero	2	1 126,56
Marzo	1	683,05
Abril	3	730,47
Mayo	1	921,80
Junio	1	901,25
Totales	9	5 519,73

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

Una vez obtenida la información respecto a los inductores de desempeño, se procede al desarrollo de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC:

**Eficacia:** Se obtiene de la división entre la producción real entre la producción presupuestada, expresado en términos porcentuales:

$$eficacia\ de\ la\ producción = \frac{producción\ real}{producción\ presupuestada}$$

$$eficacia\ de\ la\ producción = \frac{76}{96}$$

$$eficacia\ de\ la\ producción = 79,16\%$$

**Eficiencia:** Se obtiene de la división entre el nivel de desperdicio generado en el proceso productivo (en términos monetarios) entre el total de producción real (en términos monetarios), expresado en términos porcentuales:

$$\text{eficiencia de la producción} = 1 - \frac{\text{total desperdicio en US\$}}{\text{producción real en US\$}}$$

$$\text{eficiencia de la producción} = 1 - \frac{2\,642,07}{608\,991,96}$$

$$\text{eficiencia de la producción} = 99,57\%$$

$$\text{nivel de desperdicio de la producción} = 0,43\%$$

**Efectividad:** Se obtiene de la división entre el total de producción realizada en el periodo de observación entre el total de tiempo invertido (en meses). Se expresa en la cantidad de producto que se puede producir en un día.

$$\text{efectividad de la producción} = \frac{\text{producción real en unidades}}{\text{tiempo invertido en producción}}$$

$$\text{efectividad de la producción} = \frac{76}{6}$$

$$\text{efectividad de la producción} = 12,67 \text{ unidades/mes}$$

**Calidad:** Se obtiene de la división entre el total producto no conforme (en unidades), entre el total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales de producto conforme.

$$\text{calidad de la producción} = 1 - \frac{\text{total producto no conforme}}{\text{producción real}}$$

$$\text{calidad de la producción} = 1 - \frac{9}{76}$$

$$\text{calidad de la producción} = 88,16\%$$

$$\text{nivel de producto no conforme} = 11,84\%$$

**Costo de la calidad:** Se obtiene de la división entre el costo de reprocesamiento de productos no conformes, entre el costo total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales.

$$\text{Costo de la calidad} = \frac{\text{Costos de reprocesamiento}}{\text{costos de producción}}$$

$$\text{Costo de la calidad} = \frac{5\,519,73}{608\,991,96}$$

$$\text{Costo de la calidad} = 0,91\%$$

**Economía:** Mide el costo de producción de los productos aptos para la venta entre el total de costo de producción, para evaluar la capacidad del área de producción de convertir los recursos disponibles (recursos humanos, materias primas y maquinarias), en productos aptos para la venta, sin desperdicio. El costo de producción de los productos aptos para la venta se obtiene del costo total menos el costo del desperdicio y el costo del producto no conforme.

$$\text{economía de la producción} = \frac{\text{Total de costos de producción} - \text{desperdicio} - \text{no conforme}}{\text{Total de costos}}$$

$$\text{economía de la producción} = \frac{608\,991,96 - 2\,642,07 - 5\,519,73}{608\,991,96}$$

$$\text{economía de producción} = 98,66\%$$

De esta manera, en la Tabla 9, se presenta en forma resumida los resultados de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERU SAC y su respectivo análisis.

**Tabla 9.**

*Resultados de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

Indicador	Resultado	Observaciones
Eficacia	79,16%	La empresa manifiesta dificultades en cumplir con el presupuesto de producción establecido para garantizar su permanencia en el mercado y el logro de las metas comerciales y financieras.
Eficiencia	99,57%	El nivel de desperdicio de materiales en el proceso de producción es de US\$ 2642,07, lo que equivale al 0,43% de los costos totales de producción.
Efectividad	12,67 unidades/mes	El nivel de efectividad de la producción está por debajo de lo presupuestado en 20 unidades en el periodo observado, a un promedio de 3,33 unidades/mes.
Calidad	88,16%	Del total de unidades producidas en el periodo (76), nueve de ellas fueron sometidas a reproceso por inconformidad en el cumplimiento de los requisitos del cliente.
Costo de calidad	0,91%	Se recurrió a un gasto de US\$ 5 519,73 adicionales por reprocesamiento de producto no conforme. Representa 0,91% de los costos de producción en el periodo observado.
Economía	98,66%	El 1,34% de los costos de producción incurridos en el periodo observado corresponde a desperdicio de materiales y reprocesamiento de productos no conformes.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.1.2. Determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.

Para proceder a la determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C, se llevó a cabo las siguientes acciones:

- Identificación de las maquinarias claves de la línea de proceso que son críticos para la fabricación de monopolos (Ver Anexo 3).
- Investigación de los tiempos de parada por equipos (Ver anexo 4).
- Desarrollo de los indicadores; con el objetivo de llevar un control de la gestión de mantenimiento, se hará uso de indicadores como la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.

En la Tabla 10, se muestran una relación de las maquinarias que se emplean en el proceso de fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.:

**Tabla 10.**

*Maquinarias que se emplean en el proceso de fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.*

Maquinaria	Marca	Cantidad
Guillotina	PURMA	1
Plegadora	SAFAN	1
Máquina de corte y ángulo	GEKA	1
Taladro Industrial	JOHANSSON	1
Máquina de soldadura LF24M	LINCOLN ELECTRIC	1
Total	PURMA	5

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 11, se muestran los tiempos de horas totales de operación por equipos en el periodo de observación, expresados en horas:

**Tabla 11.**

*Tiempos de horas totales de operación en el periodo de observación (expresados en horas).*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN						
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Total
Guillotina	183,0	170,0	200,0	210,5	196,0	209,0	1 168,5
Plegadora	183,0	181,0	192,0	200,0	201,5	202,0	1 159,5
Máquina de corte y ángulo	200,0	190,0	207,0	200,0	200,0	203,0	1 200,0
Taladro Industrial	200,0	210,0	215,0	206,5	200,0	203,0	1 234,5
Máquina de soldadura LF24M	183,0	181,0	192,0	198,0	201,5	202,0	1 157,5

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 12, se muestran los números de parada por equipos en el periodo de observación, expresados en número de fallas detectadas:

**Tabla 12.**

*Número de fallas por equipos en el periodo de observación.*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN						
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Total
Guillotina	5	4	-	2	3	4	18
Plegadora	11	2	2	3	4	2	24
Máquina de corte y ángulo	1	2	1	2	3	2	11
Taladro Industrial	1	1	1	2	1	2	8
Máquina de soldadura LF24M	4	5	5	6	4	3	27

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 13, se muestran los tiempos de parada por equipos en el periodo de observación, expresados en horas:

**Tabla 13.**

*Tiempos de parada por equipos en el periodo de observación (expresados en horas).*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN						
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Total
Guillotina	23,5	18,0	-	12,0	21,0	15,0	89,5
Plegadora	45,0	7,0	10,0	11,0	19,0	6,0	98,0
Máquina de corte y ángulo	6,0	11,0	4,0	7,0	11,5	8,0	47,5
Taladro Industrial	3,0	2,0	4,0	5,0	2,0	7,0	23,0
Máquina de soldadura LF24M	17,5	19,0	24,0	31,0	27,5	18,0	137,0
Total	95,0	57,0	42,0	55,0	81,0	54,0	

**Fuente:** Elaboración propia.

Seguidamente hallamos los indicadores de mantenimiento de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de cada máquina:

- Indicador de confiabilidad de la máquina Guillotina, se expresa de la siguiente manera:

$$MTBF = \frac{HROP}{NTFALLAS + 1}$$

$$MTBF = \frac{1\ 168,50}{18 + 1}$$

$$MTBF = 61,50$$

- Indicador de mantenibilidad de la máquina Guillotina, se expresa de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{TTF}{NTFALLAS}$$

$$MTTR = \frac{89,50}{18}$$

$$MTTR = 4,97$$

- Indicador de disponibilidad de la máquina Guillotina, se expresa de la siguiente manera:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$Disponibilidad = \frac{61,50}{61,50 + 4,97}$$

$$Disponibilidad = 0,93$$

De forma resumida, en la Tabla 14, se presentan los indicadores de mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan:

**Tabla 14.**

*Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en el mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan.*

Maquinaria	Índice de confiabilidad	Índice de mantenibilidad	Índice de disponibilidad
Guillotina	61,50	4,97	0,93
Plegadora	46,38	3,63	0,93
Máquina de corte y ángulo	100,00	4,32	0,96
Taladro Industrial	137,17	2,88	0,98
Máquina de soldadura LF24M	41,34	5,07	0,89

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.2. Identificar los factores que influyen la baja productividad en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.

Para cumplir con esta fase, se aplicó al personal un instrumento denominado *Cuestionario para diagnosticar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa*, elaborado por los investigadores a partir de la recopilación documental hecho en el marco teórico y contrastando los diagnósticos realizados por otros estudios de similar naturaleza (Ver Anexo 1). La muestra fue de 30 personas, conformadas al

área de producción de la empresa, detallado en el Anexo 2. Los resultados obtenidos con la aplicación de la encuesta se muestran en la Tabla 15.

**Tabla 15.**

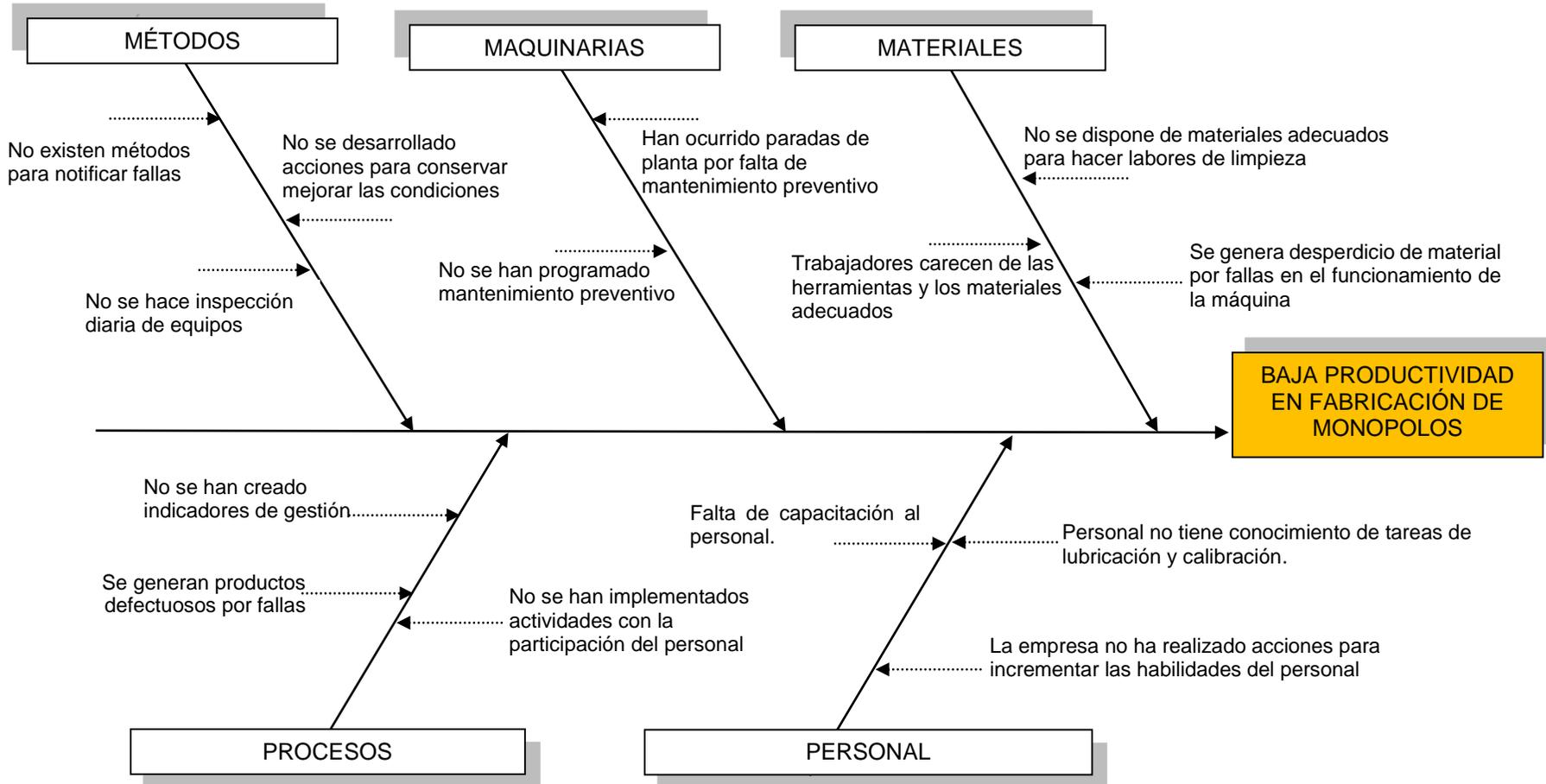
*Resultados de la aplicación del cuestionario para diagnosticar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa.*

Ítem	Elemento a evaluar	F. absoluta		F. relativa	
		SÍ	NO	SÍ	NO
<b>MÉTODOS</b>					
1	Métodos para identificar y notificar fallas en máquinas.	4	26	13%	87%
2	Evaluación de las causas de fallas.	3	27	10%	90%
3	Acciones para conservar y mejorar las condiciones.	9	21	30%	70%
4	inspección diaria de los equipos.	11	19	37%	63%
5	Operación correcta y verificación de procesos.	22	8	73%	27%
<b>MAQUINARIAS</b>					
6	Actividades de mantenimiento preventivo.	5	25	17%	83%
7	Paradas de planta por falta de mantenimiento.	20	10	67%	33%
8	Paradas de planta por falta de repuestos.	7	23	23%	77%
9	Equipos sustitutos de maquinarias.	2	28	7%	93%
10	Actividades de limpieza de maquinaria.	17	13	57%	43%
<b>MATERIALES</b>					
11	Herramientas básicas para mantenimiento.	12	18	40%	60%
12	Materiales adecuados para mantenimiento.	10	20	33%	67%
13	Repuestos menores para mantenimiento.	17	13	57%	43%
14	Desperdicio de material por fallas.	18	12	60%	40%
15	Materiales adecuados para hacer labores de limpieza.	21	9	70%	30%
<b>PROCESOS</b>					
16	Indicadores de gestión de los procesos.	3	27	10%	90%
17	Productos defectuosos por fallas en las máquinas.	22	8	73%	27%
18	Participación del trabajador en las actividades.	7	23	23%	77%
19	Áreas limpias, ordenadas y libres de contaminación.	21	9	70%	30%
20	Procedimiento para mantenimiento preventivo.	5	25	17%	83%
<b>PERSONAL</b>					
21	Capacitación al personal.	7	23	23%	77%
22	Conocimiento respecto a lubricación.	11	19	37%	63%
23	Conocimiento respecto a calibración.	8	22	27%	73%
24	Propuestas de mejoras por parte del personal.	9	21	30%	70%
25	Acciones para incrementar habilidades del personal.	6	24	20%	80%

**Fuente:** Elaboración propia.

De esta manera los resultados obtenidos con la aplicación del cuestionario, permitió evidenciar la siguiente problemática en cada una de las dimensiones asociadas al proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC. Una vez obtenida esta información, se procedió a representar los resultados en un diagrama de Causa y Efecto (o Diagrama de Ishikawa), los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERU SAC. (Ver Figura 3):

- a) En relación con los métodos de mantenimiento aplicados en la actualidad, se obtuvo que no se ha desarrollado o implementado métodos para para identificar y notificar fallas en las maquinarias, por lo que no se evalúan las causas de las fallas en los equipos; no se hace una inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento ni se han desarrollado acciones para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador, aunque el personal considera que se evita el deterioro del equipo mediante una operación correcta y su permanente verificación.
- b) En lo que respecta a las maquinarias, se obtuvo que no se han programado actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos, lo que incide en el hecho de que hayan ocurrido paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina ni se han programado actividades de limpieza de maquinaria y equipos en forma periódica. Por el contrario, el personal opinó que no ocurrido paradas de planta por falta de repuestos para reemplazar ni existen en la empresa equipos sustitutos de maquinarias en reparación.
- c) La tercera dimensión incluyó lo relacionado con los materiales, en la que se obtuvo que los trabajadores carecen de las herramientas y los materiales adecuados para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas y tampoco se dispone de materiales adecuados para hacer labores de limpieza preventiva a las maquinarias y equipos, además se genera desperdicio de material por fallas en el funcionamiento de la máquina. En otro sentido, se tuvo la percepción por parte del personal que disponen de los repuestos menores para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas.
- d) En cuanto a los procesos, no se han creado indicadores de gestión para saber el nivel de desempeño del área de producción; se generan productos defectuosos por fallas en el funcionamiento de la máquina; no se han implementado actividades para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador, ni definido un procedimiento para el mantenimiento de cada equipo. Sin embargo, se considera que las áreas se mantienen limpias, ordenadas y libres de contaminación
- e) Finalmente, en relación con el personal, los trabajadores no han recibido capacitación para hacer labores de mantenimiento a las máquinas, los operarios no tienen conocimiento respecto a las tareas de lubricación y calibración de los equipos. Además, la empresa no ha incentivado al personal a proponer mejoras en el proceso de mantenimiento de maquinaria y equipos; lo que incide en un ambiente de trabajo de baja participación y colaboración. En general, se considera que la empresa no ha realizado acciones para incrementar las habilidades del personal en cuanto de mantenimiento de maquinaria y equipos.



**Figura 3.**

*Diagrama de Causa y Efecto (o Diagrama de Ishikawa), los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de este Diagrama de Causa y Efectos fueron sometidos a la opinión de los trabajadores mediante la aplicación de la Técnica del Grupo Nominal (ver formato en Anexo n° 1), siguiendo los pasos descritos a continuación:

- a) Se elaboró una lista de los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ, SAC, a partir de los hallazgos de la observación directa y de las opiniones de los trabajadores durante las encuestas, los cuales quedaron reflejados en el Diagrama de Causa y Efecto.
- b) Se convocó a los trabajadores a una reunión para dar a conocer los resultados obtenidos en la encuesta y sus opiniones respecto a los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa.
- c) Se eliminaron problemas duplicados después de consultarlo con los trabajadores para simplificar la discusión de los análisis. Esto redujo la lista de problemas a evaluar a trece: Métodos para identificar y notificar fallas en máquinas, Acciones para conservar y mejorar las condiciones de los equipos, Inspección diaria de los equipos, Actividades de mantenimiento preventivo, Paradas de planta por falta de mantenimiento, Herramientas y materiales básicos para mantenimiento, Desperdicio de material por fallas, Indicadores de gestión de los procesos, Participación del trabajador en las actividades, Procedimiento para mantenimiento preventivo, Capacitación al personal, Conocimiento respecto a lubricación y calibración, y Propuestas de mejoras por parte del personal.
- d) Se identificaron los problemas con un número para evitar confusión y facilitar la identificación por parte del trabajador.
- e) Se categorizaron los problemas en orden de importancia. Para tal fin, debían marcar los cinco problemas que consideraran más importantes y una vez seleccionados, se categorizaron del 1 al 5, siendo 5 el problema más importante y 1 el menos importante entre los seleccionados. Los resultados fueron tabulados y mostrados en la Tabla 15.
- f) Se identifican los principales problemas para incluirlos dentro de la propuesta de mejoras.

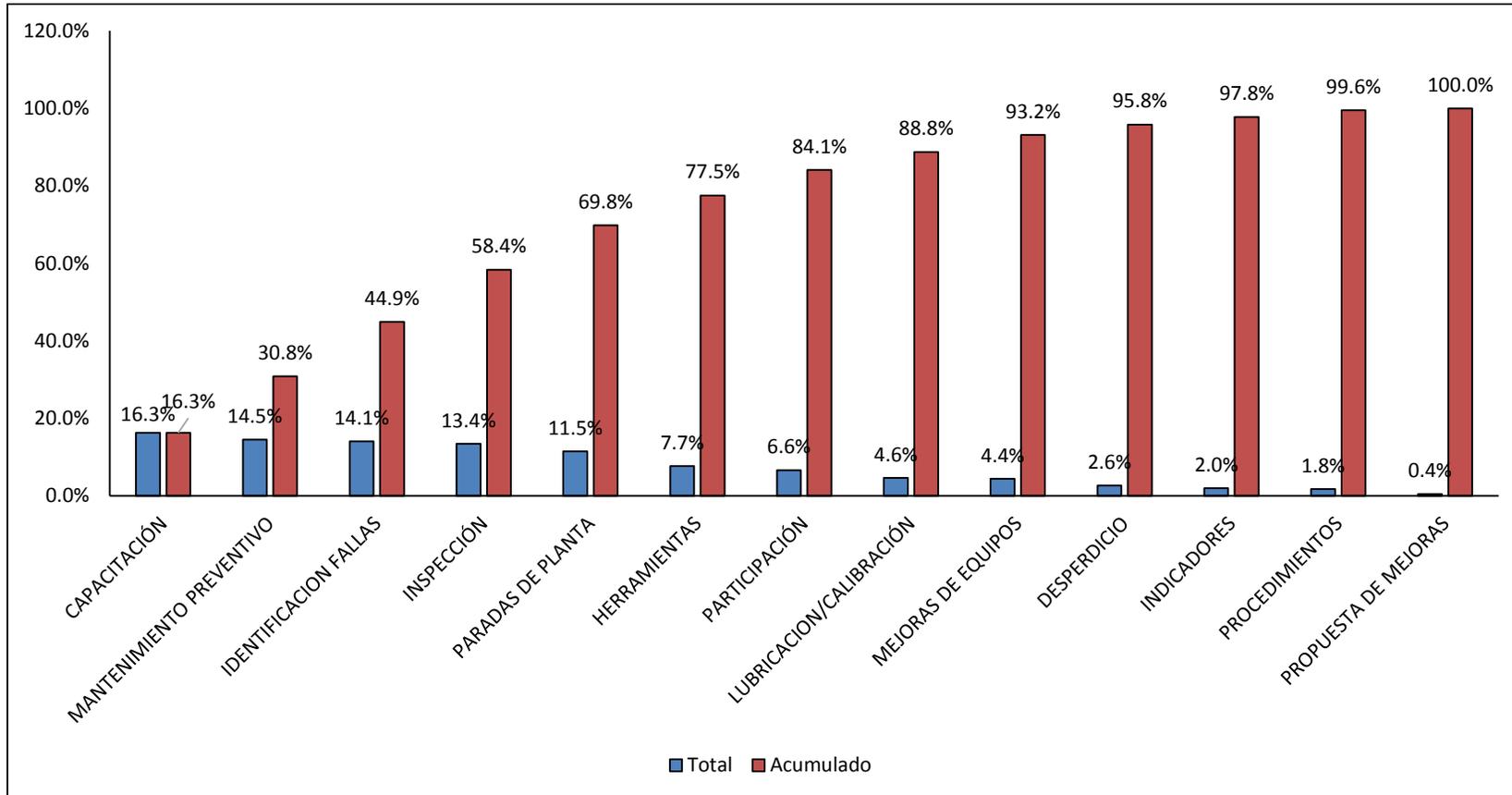
**Tabla 16.**

*Técnica del grupo nominal para priorizar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa.*

Situación detectada	Valoración	%	Acumulado
Los trabajadores no han recibido capacitación para hacer labores de mantenimiento a las máquinas	74	16,3%	16,3%
No se han programado actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos.	66	14,5%	30,8%
No se han implementado métodos en la empresa para identificar y notificar fallas en las maquinarias.	64	14,1%	44,9%
No se hace una inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento.	61	13,4%	58,4%
Han ocurrido paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina.	52	11,5%	69,8%
Los trabajadores no cuentan con las herramientas adecuadas para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas.	35	7,7%	77,5%
No se han desarrollado acciones para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador.	30	6,6%	84,1%
Los operarios no tienen conocimiento respecto a las tareas de lubricación de los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos	21	4,6%	88,8%
No se realizan actividades para conservar y mejorar en las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador.	20	4,4%	93,2%
Se genera desperdicio de material por fallas en el funcionamiento de la máquina.	12	2,6%	95,8%
No se han creado indicadores de gestión para saber el nivel de desempeño del área de producción.	9	2,0%	97,8%
No se ha definido un procedimiento para el mantenimiento preventivo de cada equipo de acuerdo con sus características.	8	1,8%	99,6%
La empresa ha incentivado al personal a proponer mejoras en el proceso de mantenimiento de maquinaria y equipos.	2	0,4%	100,0%

**Fuente:** Elaboración propia.

A continuación, se elaboró un Diagrama de Pareto para representar gráficamente los resultados obtenidos y así poder seleccionar las causas a atacar, basado en la regla 80/20 (Ver Figura 4):



**Figura 4.**

Diagrama de Pareto para priorizar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC.

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez obtenida la priorización, se presenta en la Tabla 17 un resumen de los problemas relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC y la metodología TMP como justificación del plan de implementación:

**Tabla 17.**

*Relación de los problemas relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa ESMETEL PERÚ SAC y la metodología TMP.*

<b>Situación detectada</b>	<b>Pilar del TPM con el cual se relaciona</b>	<b>Actividades propuestas</b>
Los trabajadores no han recibido capacitación para hacer labores de mantenimiento a las máquinas	Educación y formación	<i>Capacitación en: Mecánica básica Neumática Electrónica</i>
No se han programado actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos.	Mantenimiento planificado progresivo	<i>Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa</i>
No se han implementado métodos en la empresa para identificar y notificar fallas en las maquinarias. No se hace una inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento.	Mejoras enfocadas  Mantenimiento autónomo	<i>Plan de acciones correctivas  Plan de mantenimiento que incluye: inspección, intervención y lubricación</i>
Han ocurrido paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina.	Mantenimiento planificado progresivo	<i>Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa</i>
Los trabajadores no cuentan con las herramientas adecuadas para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas.	Mantenimiento autónomo	<i>Adecuación de herramientas y materiales de limpieza para el personal</i>
No se han desarrollado acciones para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador.	Mantenimiento planificado progresivo	<i>Implementación del formato de inspección de Mantenimiento planificado progresivo</i>

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3. Estructurar y planificar mejora con aplicación TPM, como una herramienta que ayude en el incremento de la productividad, el proceso de fabricación de monopolos.

Luego de completar la evaluación, diagnóstico y la identificación de las causas de los problemas existentes en los métodos actuales de fabricación, se procedió a elaborar la implementación de mejoras a partir de los resultados obtenidos, aplicando para ello las herramientas de Ingeniería Industrial más apropiadas para solucionar el problema, para la cual se escogió el Mantenimiento Productivo Total (TPM).



**Figura 5.**

*Estructura de Mantenimiento Productivo Total.*

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.3.1. Actividades relacionadas con educación y formación.

Para poder hacer un diagnóstico de los problemas que se puedan presentar en las máquinas o solucionar alguna falla menor es necesario que los operadores tengan un conocimiento básico sobre neumática, electricidad y mecánica por lo que se consideró capacitarlos por medio de los técnicos especialistas del departamento de mantenimiento. Los programas de formación fueron dados en talleres de cuatro horas cada uno en las áreas de neumática básica, mecánica y electricidad, tal como se detalla en la tabla 18:

**Tabla 18.**

*Actividades relacionadas con educación y formación dentro de la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

---

**Capacitación en neumática básica**

---

El contenido de la capacitación que se dictó a los operadores se detalla a continuación:

1. Conceptos básicos de aire comprimido (presión, caudal, unidades de medida)
2. Seguridad con el equipamiento neumático
3. Elementos y simbología de un circuito neumático básico
4. Unidades de mantenimiento, funciones y elementos
5. Identificación de racores y mangueras neumáticas.

---

**Objetivos**

---

- a) Lograr que los operadores conozcan los distintos elementos neumáticos de sus máquinas para que hagan los cambios caso de daño y sepan como las deben solicitar el repuesto.
- b) Mejorar la interpretación de lectura de los instrumentos de medición para que los operadores hagan diagnósticos sobre funcionamiento de sus máquinas
- c) Mejorar las habilidades para reparaciones y mantenimiento básicos de elementos neumáticos.

---

**Capacitación de electricidad básica**

---

El contenido de la capacitación que se dictó fue el siguiente:

1. Riesgos eléctricos.
2. Seguridades eléctricas de máquinas.
3. Uso de herramientas eléctricas (destornilladores, alicates).
4. Tipos de sensores, funcionamiento y limpieza.
5. Identificación de alarmas en máquinas.
6. Tipos de seguridades de máquinas.

---

**Objetivos**

---

- a) Concientizar a los operadores sobre riesgo de manipular o abrir los tableros eléctricos.
- b) Conocer los diferentes tipos de sensores, sus aplicaciones y su adecuada limpieza.
- c) Mejorar las habilidades de detección de fallas eléctricas que anuncian los diferentes tipos de alarmas.

---

**Capacitación en Mecánica Básica.**

---

Los temas que se trataron en esta capacitación fueron los siguientes:

1. Metrología básica.
2. Lectura en calibrador.
3. Tipos de roscas-clasificación de pernos y tornillos.
4. Uso correcto de herramientas manuales (torquímetro, llaves, martillo, entre otros).
5. Sistemas de transmisión: mantenimiento y riesgos relacionados.
6. Fundamentos de lubricación de máquinas.

---

**Objetivos:**

---

- a) Mejorar el uso de herramientas manuales para los diferentes trabajos de cambios o reparaciones básicas en las máquinas.
- b) Identificar los diferentes tipos de tornillería para estandarizar las mismas en las diferentes partes de las máquinas.
- c) Mejorar las destrezas de los operadores en lo que respecta a metrología mediante el uso de calibrador o pie de rey.
- d) Identificar lubricantes y frecuencias de lubricación en máquinas.

---

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.2. Actividades relacionadas con mejoras enfocadas.

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollaron individualmente o con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado individualmente o en equipos, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los desperdicios que se presentan en las plantas industriales.

**Tabla 19.**

Actividades relacionadas con mejoras enfocadas.

Hallazgo	Acción correctiva propuesta
EN LA MÁQUINA GUILLOTINA (Máquina de corte): Desgaste de cuchilla Falta de mantenimiento de mangueras hidráulicas Falta de lubricación.	Reemplazo de cuchillas Mantenimiento y cambio de mangueras hidráulicas.
EN LA MÁQUINA PLEGADORA (Máquina de doblez): Desgaste de pistón	Reemplazo de pistones Mantenimiento y lubricación general.
EN LA MÁQUINA GEKA (Multiuso-corta y perfora) Desgaste de topes automáticos Falta de mantenimiento de mangueras hidráulicas Desgaste del filo de punzones.	Reemplazo de topes automáticos Reemplazo del filo de punzones Mantenimiento de mangueras hidráulicas
EN LA MÁQUINA TALADRO: El engranaje está muy duro Falta de cambio de Chuck constantemente	Lubricación y ajuste de engranajes. Reemplazo de Chuck.
EN LA MÁQUINA SOLDADURA MIG: Uso incorrecto de antorcha Falta de mantenimiento preventivo.	Capacitación al personal. Lubricación y ajuste de partes.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.3. Actividades relacionadas con mantenimiento autónomo.

El propósito del mantenimiento autónomo es el de enseñar a los operadores cómo mantener su equipo llevando a cabo:

- a) Verificaciones diarias.
- b) Lubricación.
- c) Reemplazo de partes.
- d) Reparaciones.

- e) Verificar precisión.
- f) Detectar de manera temprana condiciones anormales en el equipo.

Como ya está implementado dentro de la compañía un programa de orden y limpieza, este paso será sencillo, pues ya se ha logrado comprometer al personal de mantener limpia toda el área de trabajo, pero si hay que mostrarles los beneficios obtenidos para que se continúen con la limpieza en toda la línea de producción de la fabricación de monopolos. Se han de proporcionar materiales para limpieza adicionales para ser usados en esta línea, dichos elementos serán custodiados por el supervisor de producción a cargo y están presupuestados para que sean consumidos mensualmente. En la Tabla 20, se detalla los materiales y las cantidades entregadas.

**Tabla 20.**

*Materiales de limpieza para actividades relacionadas con mantenimiento autónomo.*

Descripción	Unidad	Cantidad	PRECIO USD	
			UNIT	TOTAL
Brochas de dos pulgadas	Unidad	10	\$ 3,22	\$ 32,20
Paños Wypall	Unidad	2	\$ 11,72	\$ 23,44
Cepillos domésticos	Unidad	10	\$ 1,36	\$ 13,60
Fibra Scotch	Unidad	50	\$ 0,82	\$ 41,00
Limpiador Acero Inoxidable	Unidad	3	\$ 8,22	\$ 24,66
Huaípe de paño fino	Kg.	15	\$ 1,93	\$ 28,95
Total				\$ 163,85

**Fuente:** Elaboración propia.

La lubricación, su control y correcta aplicación, es la base de una buena mantención, en ella se busca reducir la energía mecánica por la vía de un fluido intermedio, además, de refrigerar los elementos mecánicos. Para tales efectos, existen dos tipos de elementos lubricantes: aceite y grasa, cada uno de ellos con propiedades específicas. En este documento se registrarán el o los componentes intervenidos, indicando el tipo de actividad realizada (relleno o cambio) y el lubricante utilizado.

#### **Creación de los estándares de lubricación:**

El responsable de mantenimiento en la empresa debe informar a los operadores sobre las condiciones óptimas de limpieza y lubricación de máquinas y equipo. Los estándares deben especificar qué se debe hacer, dónde, la razón, procedimientos, cuándo y tiempos empleados. Para hacer todo esto, se debe decidir qué partes del equipo necesitan limpieza diaria, qué procedimientos hay que utilizar, cómo inspeccionar el equipo, cómo juzgar

anormalidades. En el caso de lubricación se debe identificar el tipo de lubricante y la cantidad que se utiliza en cada máquina, señalar los puntos de lubricación y el intervalo de tiempo que hay que lubricar cada máquina y elemento de la misma, de acuerdo con lo detallado en el formato de lubricación (Ver Anexo n.º 4).

**Formato de inspección de maquinarias:**

Este documento fue diseñado para registrar los mecanismos o partes inspeccionados, especificando la técnica utilizada y el tiempo de duración de la actividad. En la observación se deberá indicar el estado de las piezas o mecanismos y si es necesaria la intervención (Ver Anexo n.º 5).

**Formato de intervención de maquinarias.**

Una vez realizada la inspección, en este formato se registran las actividades de corrección y/o reparación, el tiempo de duración de la actividad y los repuestos o materiales utilizados (Ver Anexo n.º 6).

**3.3.4. Actividades relacionadas con mantenimiento planificado progresivo.**

En este punto se realiza la descripción de las actividades que se requieren para el diagnóstico del estado de cada equipo, entregando las descripciones, características y criticidad de estos. Luego se da a conocer una plantilla que contiene los tiempos de inspección y las actividades a realizar en los mecanismos o partes principales. Para complementar aún más se indican las técnicas necesarias a utilizar en cada caso. En relación con los tiempos de inspección, la frecuencia de las inspecciones de los mecanismos y partes varían de acuerdo al uso que tienen en la empresa. Debido a esto, se puede presentar que partes que son iguales tienen frecuencias de inspecciones distintas.

**Tabla 21.**

*Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa.*

<b>ESMETEL PERÚ, S.A.C.</b>			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PROGRESIVO</b>			
<b>Equipo:</b> PURMA	Maquina Guillotina	<b>Descripción:</b> Esta máquina permite cortar planchas de metal, es accionada por un sistema hidráulico Este sistema está compuesto principalmente por 6 actuadores de doble efecto, los cuales cumplen la función de sujetar la plancha y entregar la fuerza necesaria para que la cuchilla haga el corte. Permite realizar cortes rectos de placas de metal, con un espesor de corte relativamente pequeño, también puede cortar las placas de acero de baja aleación, acero inoxidable y aceros de resorte. Origen: China.	
<b>Mecanismo/Parte</b>	<b>Actividad</b>	<b>Procedimientos y Técnicas</b>	<b>Frecuencia</b>
Sistema eléctrico	Revisar dispositivos eléctricos y electrónicos: relé, transformador y contactor. Inspeccionando posibles soldaduras de conexiones o cables dañados.	Realizar inspección visual.	1 mes
		Realizar inspección termográfica.	12 meses
Motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos	Realizar inspección visual.	6 meses
		Análisis de vibraciones.	24 meses
Sistema hidráulico	Revisar el filtro de succión, nivel y estado del aceite hidráulico (presencia de contaminantes).	Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.	3 meses
Sistema de control	Comprobar que los interruptores y las pedaleras se encuentren operativas.	Inspección visual	Antes de cada uso
Cuchillo	Revisar alineación de los cuchillos.	Realizar ajuste.	Semanalmente
Sistema de corte y sujeción hidráulica	Verificar el correcto estado de las electroválvulas, válvulas, mangueras y actuadores.	Revisar funcionamiento.	1 mes

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.**

*Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa (Cont.).*

<b>ESMETEL PERÚ, S.A.C.</b>			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PROGRESIVO</b>			
<b>Equipo:</b> Plegadora SAFAN		<b>Descripción:</b> Su funcionamiento se basa en un sistema hidráulico que por medio de dos actuadores que presionan el punzón contra una matriz, doblando la placa de metal. Esta prensa plegadora es extensamente usada para el doblaje y el procesamiento de placas u hojas metálicas en varias industrias. Se usa para fabricar: acanalados, perfiles, entre otros.	
<b>Mecanismo/Parte</b>	<b>Actividad</b>	<b>Procedimientos y Técnicas</b>	<b>Frecuencia</b>
Sistema eléctrico	Revisar dispositivos eléctricos y electrónicos: relé, transformador y contactor. Inspeccionando posibles solturas de conexiones o cables dañados	Realizar inspección visual.	1mes
		Realizar inspección termográfica.	12 meses
Motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos.	Realizar inspección visual.	6 meses
		Realizar análisis de vibraciones.	24 meses
Sistema hidráulico	Revisar el filtro de succión, nivel y estado del aceite hidráulico (presencia de contaminantes).	Realizar inspección visual al filtro y aceite hidráulico.	3 meses
Sistema de control	Comprobar que los interruptores y las pedaleras se encuentren operativos.	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso
Punzón y matriz inferior	Revisar alineación de los cuchillos.	Realizar ajuste.	Semanalmente
Sistema de doblez hidráulico	Verificar el correcto estado de las electroválvulas, válvulas, mangueras y actuadores.	Revisar funcionamiento.	1 mes

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.**

*Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa (Cont.).*

<b>ESMETEL PERÚ, S.A.C.</b>			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PROGRESIVO</b>			
Equipo: Máquina de corte y ángulo GEKA		Descripción: Permite realizar operaciones de corte en diferentes tipos de acero. El funcionamiento se basa en la transmisión de movimiento por intermedio de poleas y correas desde el motor eléctrico a la sierra. Trabaja en conjunto con un sistema hidráulico, el cual permite que la sierra suba y baje automáticamente. Origen: China.	
Mecanismo/Parte	Actividad	Procedimientos y Técnicas	Frecuencia
Sistema eléctrico	Verificar que no existan solturas en las conexiones del panel y revisar el estado del cable de alimentación.	Realizar inspección visual.	1 mes
		Efectuar inspección termográfica.	12 meses
Motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos.	Realizar análisis de vibraciones	24 meses
		Realizar inspección visual.	6 meses
Sistema de transmisión	Revisar desgaste y tensión correas. Verificar que las poleas se encuentren alineadas.	Realizar: Inspección visual a las correas. Inspección visual de las poleas. Alineamiento entre poleas en caso de existir vibraciones. Ajustar tensión en caso de ser necesario.	6 meses
Sistema hidráulico	Revisar el filtro de succión, nivel y estado del aceite hidráulico (presencia de contaminantes).	Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.	12 meses
Sistema de control	Comprobar que las botoneras encuentren operativas.	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso
Sierra de corte	Verificar que los dientes de la sierra se encuentren en condiciones operativas.	Realizar inspección visual.	1 mes

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.**

*Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa (Cont.).*

<b>ESMETEL PERÚ, S.A.C.</b>			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PROGRESIVO</b>			
Equipo: Taladro Industrial JOHANSSON		Descripción: Se utiliza para realizar perforaciones en distintos tipos de aceros. Su funcionamiento se basa en la rotación de una broca acoplada a un mandril, que es impulsado a través de correas por un motor eléctrico y en un movimiento de avance, que en este caso se realiza de forma manual. Origen: Estados Unidos	
Mecanismo/Parte	Actividad	Procedimientos y Técnicas	Frecuencia
Sistema eléctrico	Comprobar si el cable está dañado.	Realizar inspección visual.	2 meses
Motor eléctrico	Inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, elevación de temperatura, rodamientos y ruidos.	Realizar inspección visual.	6 meses
		Realizar análisis de vibraciones	36 meses
Sistema de transmisión	Revisar desgaste y tensión correas. Verificar que las poleas se encuentren alineadas.	Realizar: Inspección visual a las correas. Inspección visual de las poleas. Alineamiento entre poleas en caso de existir vibraciones. Ajustar tensión en caso de ser necesario	12 meses
Sistema de fijación de la mesa	Verificar que el tornillo de fijación se encuentre operativo.	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso
Sistema de control	Comprobar que las botoneras y palancas se encuentren operativas.	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso
Mandril	Verificar el posible descentrado.	Medición.	6 meses
Nonios	Verificar si los desplazamientos reales coinciden con la graduación de los tambores	Revisión.	6 meses

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.**

*Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa (Cont.).*

<b>ESMETEL PERÚ, S.A.C.</b>			
<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO PROGRESIVO</b>			
Equipo: Maquina de soldadura LF24M LINCOLN ELECTRIC		Descripción: Su funcionamiento se basa en la creación de un arco eléctrico entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, protegido por una atmósfera de gas inerte que ayuda a estabilizar el arco. El calor generado por el arco, funde el material base y el electrodo, formando un cordón de soldadura de alta calidad. Se utilizan para la unión de elementos y para revestir los alabes de ventiladores. Origen: Lincoln Electric. Estados Unidos de América.	
Mecanismo/Parte	Actividad	Procedimientos y Técnicas	Frecuencia
Pistola	Verificar que la pistola no se encuentre obstruida, para permitir el libre flujo del alambre.	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso
Terminales de conexión	Verificar que los terminales no se encuentran quemados.	Realizar inspección visual.	3 meses
Cables conductores	Revisar los cables, verificando que no se encuentren cortados.	Realizar inspección visual.	1 mes
Pinzas	Verificar que la superficie de contacto no presenta deformaciones.	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso
Unidad alimentadora de alambre	Verificar que los rodillos no están ejerciendo presión excesiva sobre el alambre, ya que esto dificulta la alimentación.	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso
Unidad completa	Limpieza.	Limpiar el interior con aire seco comprimido para desalojar el polvo acumulado.	6 meses

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.3.5. Actividades relacionadas con la prevención del mantenimiento.**

En esta etapa se ha considerado las planificaciones en la adquisición e instalación de equipos y maquinarias nuevas, como parte del crecimiento o reemplazo, en la organización, esta condición ayudará con el enfoque de asegurar una mayor disponibilidad de dichos equipos.

### **3.3.6. Actividades relacionadas con Seguridad, Salud y Medio Ambiente.**

Las mejoras de la Gestión de la Seguridad, Salud y Medio Ambiente se han trabajado conjuntamente con el área que lidera este proceso, en la cual se han desarrollado los siguientes documentos:

- Plan de seguridad y Medio Ambiente
- Matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos (IPER)
- Mapa de riesgos.
- Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST).
- Check list de SST
- Otras herramientas de prevención.

## **3.4. Implementar el TPM en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.**

Como primera acción, se muestra en la Figura 6, el cronograma de implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos:

ETAPA DE LA IMPLEMENTACIÓN	MESES/SEMANAS											
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Preparación del plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).</i>												
Presentación del plan a la dirección.	2											
Información al personal mediante charla.	4											
Selección del comité de TPM.	2											
Aplicación de instrumento.		2										
Resultados encuesta y grupo nominal.		4										
Determinación de puntos de mejora.		4										
Definición de los componentes del plan.		8										
<i>Actividades relacionadas con educación y formación dentro de la implementación.</i>												
Determinación de necesidades.			2									
Capacitación en neumática básica.			16									
Capacitación de electricidad básica.				16								
Capacitación en mecánica básica.				16								
Revisión de resultados.				2								
<i>Actividades relacionadas con mejoras enfocadas.</i>												
Identificación de mejoras enfocadas.					4							
Preparación del plan de acción.					4							
Compra de materiales y repuestos.						8						
Desarrollo de plan de mantenimiento correctivo.						40						
Evaluación de resultados.						4						
<i>Actividades relacionadas con mantenimiento autónomo</i>												
Planeación de actividades.							3					
Compra de materiales de mantenimiento.							16					
Ejecución del plan de lubricación e inspección.								24				
Verificación de operaciones.								4				
<i>Actividades relacionadas con mantenimiento planificado progresivo</i>												
Levantamiento de información.									4			
Elaboración de instructivos y formatos.									8			
Charla informativa.										2		
Ejecución del plan de MPP.										48	48	
Evaluación de resultados.											4	
<i>Evaluación y cierre del proceso de implementación de TPM</i>												
Elaboración de informe.												16
Presentación a dirección.												2
Presentación al personal.												2
Plan de seguimiento y medidas correctivas.												4
Cierre con la empresa.												4

**Figura 6.**

*Cronograma de implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 22.**

*Planificación de la mejora en Formación y Educación usando la herramienta 5W + 1H.*

WHAT/QUÉ ¿Qué se quiere mejorar?	WHO/QUIEN ¿Quién lo mejorará?	WHEN/CUANDO ¿Cuándo se mejorará?	WHY/PORQUE ¿Por qué se quiere mejorar?	WHERE/DONDE ¿Dónde se quiere mejorar?	HOW/COMO ¿Cómo se va a mejorar?
<i>Capacitación al personal</i>	Jefe Recursos Humanos  Jefe Producción	16/07/2018 27/07/2018	Para lograr el involucramiento del personal con el debido conocimiento de TPM	Área de fabricación de monopolos en la empresa	(1) <i>Capacitación en: Mecánica básica, Neumática y Electrónica.</i>

**Fuente:** Elaboración propia.



Figura 7.

*Fotografía de las capacitaciones en la línea de proceso.*

**Fuente:** Elaborado por el investigador.

Tabla 23.

Planificación de mejora en Mejoras Enfocadas usando la herramienta 5W + 1H.

WHAT/QUÉ ¿Qué se quiere mejorar?	WHO/QUIEN ¿Quién lo mejorará?	WHEN/CUANDO ¿Cuándo se mejorará?	WHY/PORQUE ¿Por qué se quiere mejorar?	WHERE/DONDE ¿Dónde se quiere mejorar?	HOW/COMO ¿Cómo se va a mejorar?
Plan de acciones correctivas (mejoras enfocadas)	Jefe Producción Jefe Mantenimiento Comité TMP	20/08/2018 31/08/2018	Para implementar métodos en la empresa, logrando identificar y notificar fallas en las maquinarias.	Área de fabricación de monopolos en la empresa	Preparación del plan de acción. Compra de materiales y repuestos. Desarrollo de plan de mantenimiento correctivo. Evaluación de resultados.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8.

Fotografía de acciones correctivas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24.

Planificación de mejora en Mantenimiento Autónomo usando la herramienta 5W + 1H.

WHAT/QUÉ ¿Qué se quiere mejorar?	WHO/QUIEN ¿Quién lo mejorará?	WHEN/CUANDO ¿Cuándo se mejorará?	WHY/PORQUE ¿Por qué se quiere mejorar?	WHERE/DONDE ¿Dónde se quiere mejorar?	HOW/COMO ¿Cómo se va a mejorar?
Plan de mantenimiento que incluye inspección, intervención y lubricación	Jefe Producción Jefe Mantenimiento Comité TMP	30/07/2018 17/08/2018	Para lograr las inspecciones diarias de los equipos y verificar su estado y necesidad de mantenimiento.	Área de fabricación de monopolos en la empresa	Planeación de actividades. Compra de materiales de mantenimiento. Ejecución del plan de lubricación e inspección. Capacitaciones en mantenimiento autónomo

Fuente: Elaboración propia.

REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA				
EMPRESA	RUC	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN	TIPO DE ACTIVIDAD
ESMETEL PERU SAC	1087740884	CALLE SANTA ANA LOTE 25 PUNDO CHACRA CENTRO - COMAS		FABRICACION DE ESTRUCTURAS METALICAS
FECHA INICIO: 08/08/2018 FECHA FIN: 08/08/2018				
CITY: COMAS DISTRITO: COMAS				
TEMA TRATADO: CERO 7 EMPRESA - MANTENIMIENTO AUTONOMO				
MARCAS (X)				
	INDUCCION	CAPACITACION	ENTRENAMIENTO	SIMULACROS DE EMERGENCIA
	X	X		
NOMBRE Y APELLIDOS				
AYALA OSTOS LUIS ANTONIO	OP	40927730		
LEON L VICTOR HUGO	OP	09985460		
CAPRICHIO VALDEOLIVEROS	OP	77805683		
CUSCACA CASTRUELO	S. R.	7432015		
AGUIRRE CASTRO EMERSON	OPERARIO	41795208		
SANTISTEBAN VIDARRRE DE MEDINA	OPERARIO	45631942		
CONCEPCION LUNA D.	OPERARIO	36502677		
AGUIRRE HUAYTA JORGE	OPERARIO	70500070		
CONCEPCION VARGAS MANUEL	OPERARIO	47708722		
RODRIGUEZ DE HARO JUAN	OPERARIO	54483140		
DEVALLE ROSA ELIAS	OPERARIO	70101524		
LEON VICTOR HUGO	OPERARIO	09985460		
PEREZ SACA O NATA	OPERARIO	34822442		
CAPIZA MORA PEREZ	OPERARIO	30043370		
KOHLER ALBA	OPERARIO	70500070		
FIRMAS				
Nombre	Apellido	Fecha	Apellido	Fecha
Manuela Salazar	Manuela Salazar	08/08/2018	Manuela Salazar	08/08/2018
Manuela Salazar	Manuela Salazar	08/08/2018	Manuela Salazar	08/08/2018



Figura 9.

Fotografía de formato y capacitación de mantenimiento autónomo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Planificación de mejora en Mantenimiento Planificado Progresivo usando la herramienta 5W + 1H.

WHAT/QUÉ ¿Qué se quiere mejorar?	WHO/QUIEN ¿Quién lo mejorará?	WHEN/CUANDO ¿Cuándo se mejorará?	WHY/PORQUE ¿Por qué se quiere mejorar?	WHERE/DONDE ¿Dónde se quiere mejorar?	HOW/COMO ¿Cómo se va a mejorar?
Plan de Mantenimiento planificado progresivo para la empresa	Jefe Producción Jefe Mantenimiento Comité TMP	10/09/2018 28/09/2018	Para programar actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos.	Área de fabricación de monopolos en la empresa	Levantamiento de información. Elaboración de instructivos y formatos. Charla informativa. Ejecución del plan de MPP. Evaluación de resultados.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10.

Fotografía de plan de mantenimiento planificado progresivo.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.1 Determinación de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C. después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo total

Para presentar los indicadores de productividad asociados a la fabricación de monopolos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo total, de la empresa ESMETEL PERÚ SAC, los investigadores definieron las siguientes premisas:

- Se muestran los datos de la empresa de los tres meses de implementación del proyecto, es decir, de julio a septiembre del año 2018.
- Al igual que en la situación inicial, se tomó como referencia para los cálculos el producto monopo de 24 metros, ya que es el producto de mayor venta y bajo el cual se hacen todos los cálculos estadísticos, financieros y de producción en la organización.

Para el desarrollo de los indicadores, se presentan las tablas con los requisitos de información para la identificación de los inductores. En la Tabla 26 se presenta la comparación de la producción mensual contra el presupuesto de producción de la empresa en el periodo indicado:

**Tabla 26.**

*Producción real y presupuesto de producción del monopo 24 metros (en unidades) después de la implementación de TMP.*

Mes	Producción real	Producción presupuestada
Julio	14	16
Agosto	16	16
Septiembre	15	16
Totales	45	48

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la Tabla 27, se presenta los costos reales de producción en comparación con el costo presupuestado de producción para el mismo número de unidades producidas, después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total:

**Tabla 27.**

*Costos de producción real y presupuesto de producción en US\$ después de la implementación de TMP.*

Mes	Unidades producidas	Costos de producción real	Costo presupuestado
Julio	14	111 653,22	110 679,24
Agosto	16	127 502,48	126 490,56
Septiembre	15	119 248,98	118 584,90
<b>Totales</b>	<b>45</b>	<b>358 404,68</b>	<b>355 754,10</b>

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la tabla 28, se muestran los costos del desperdicio generado en el proceso productivo (piezas dañadas, uso inadecuado de materiales, entre otros) después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total:

**Tabla 28.**

*Costos del desperdicio generado en el proceso productivo en US\$ después de la implementación de TMP.*

Mes	Costos por desperdicio
Julio	276,70
Agosto	480,66
Septiembre	320,18
<b>Totales</b>	<b>1 077,54</b>

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la tabla 29, se muestran los costos incurridos por reprocesamiento de producto no conforme al final del proceso de fabricación después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total:

**Tabla 29.**

*Costos por reprocesamiento de producto no conforme en US\$.*

Mes	Unidades no conformes	Costos por reprocesamiento
Julio	1	697,28
Agosto	2	531,26
Septiembre	1	343,90
<b>Totales</b>	<b>4</b>	<b>1 572,44</b>

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

En la Tabla 30, se hace una comparación de cada uno de los inductores que se han tomado como base para la información recolectada para el estudio, antes y después de la

implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total. Para hacer la comparación se utilizaron los promedios mensuales, ya que la observación inicial fue durante seis meses y la implementación fue durante tres meses:

**Tabla 30.**

*Comparación de los inductores antes y después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total.*

<b>Inductor</b>	<b>Inicial</b>	<b>Posterior</b>	<b>Variación</b>
Producción.	12,67	15,00	2,33
Costos de producción (unitario en US\$).	8 013,05	7 964,55	-47,44
Desperdicio promedio mensual (en US\$)	440,34	359,18	-81,16
Reprocesamiento promedio mensual (en US\$)	919,95	524,14	-395,81

**Fuente:** Departamento de producción ESMETEL PERÚ SAC.

Una vez obtenida la información respecto a los inductores de desempeño, se procede al desarrollo de los indicadores de productividad en la fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total:

**Eficacia:** Se obtiene de la división entre la producción real y la producción presupuestada, expresado en términos porcentuales:

$$eficacia\ de\ la\ producción = \frac{producción\ real}{producción\ presupuestada}$$

$$eficacia\ de\ la\ producción = \frac{45}{48}$$

$$eficacia\ de\ la\ producción = 93,75\%$$

**Eficiencia:** Se obtiene de la división entre el nivel de desperdicio generado en el proceso productivo (en términos monetarios) entre el total de producción real (en términos monetarios), expresado en términos porcentuales:

$$eficiencia\ de\ la\ producción = 1 - \frac{total\ desperdicio\ en\ US\$}{producción\ real\ en\ US\$}$$

$$eficiencia\ de\ la\ producción = 1 - \frac{1.077,54}{358.404,64}$$

$$eficiencia\ de\ la\ producción = 99,70\%$$

$$nivel\ de\ desperdicio\ de\ la\ producción = 0.30\%$$

**Efectividad:** Se obtiene de la división entre el total de producción realizada en el periodo de observación entre el total de tiempo invertido (en meses). Se expresa en la cantidad de producto que se puede producir en un día.

$$\text{efectividad de la producción} = \frac{\text{producción real en unidades}}{\text{tiempo invertido en producción}}$$

$$\text{efectividad de la producción} = \frac{45}{3}$$

$$\text{efectividad de la producción} = 15 \text{ unidades/mes}$$

**Calidad:** Se obtiene de la división entre el total producto no conforme (en unidades), entre el total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales de producto conforme.

$$\text{calidad de la producción} = 1 - \frac{\text{total producto no conforme}}{\text{producción real}}$$

$$\text{calidad de la producción} = 1 - \frac{4}{45}$$

$$\text{calidad de la producción} = 91,10\%$$

$$\text{nivel de producto no conforme} = 8,9\%$$

**Costo de la calidad:** Se obtiene de la división entre el costo de reprocesamiento de productos no conformes, entre el costo total de producción para el mismo periodo. Se expresa en los niveles porcentuales.

$$\text{Costo de la calidad} = \frac{\text{Costos de reprocesamiento}}{\text{costos de producción}}$$

$$\text{Costo de la calidad} = \frac{1\ 572,44}{358\ 404,64}$$

$$\text{Costo de la calidad} = 0,43\%$$

**Economía:** Mide el costo de producción de los productos aptos para la venta entre el total de costo de producción. El costo de producción de los productos aptos para la venta se obtiene del costo total menos el costo del desperdicio y el costo del producto no conforme.

$$\text{economía de la producción} = \frac{\text{Total de costos de producción} - \text{desperdicio} - \text{no conforme}}{\text{Total de costos}}$$

$$\text{economía de la producción} = \frac{358\ 404,64 - 1\ 077,54 - 1\ 572,44}{358\ 404,64}$$

$$\text{economía de producción} = 99,26\%$$

En forma resumida, se presenta en la Tabla 31 los resultados de la comparación de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC antes y después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total y su respectivo análisis.

**Tabla 31.**

*Resultados de los indicadores de productividad en la empresa ESMETEL PERÚ SAC antes y después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total.*

<b>Indicador</b>	<b>Medición Inicial</b>	<b>Medición Posterior</b>	<b>Observaciones</b>
Eficacia	79,16%	93,75%	Se evidencia la capacidad del área de fabricación de monopolos de mejorar su productividad con la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total hasta alcanzar metas muy próximas al presupuesto de producción de la empresa.
Eficiencia	99,57%	99,70%	Se logró una disminución del 0,13% en los desperdicios generados por la fabricación de monopolos que representa una reducción de costos de producción de hasta US\$ 973,98 anual.
Efectividad	12,67 und/mes	15,00 und/mes	Se logró un incremento de 2,33 unidades producidas mensuales con la implementación de las acciones del programa de Mantenimiento Productivo Total.
Calidad	88,15%	91,10%	Se logró reducir las incidencias de producto no conforme a un promedio de 1,33 incidencias por mes.
Costo de calidad	0,91%	0,43%	Se logró una disminución del 0,48% en el reprocesamiento de producto no conforme generados por la fabricación de monopolos, que representa una reducción de costos de producción de hasta US\$ 4 749 anual.
Economía	98,66%	99,26%	Se logró un incremento del 0,60% en el aprovechamiento de los recursos la fabricación de monopolos mediante la disminución de los desperdicios y el producto no conforme, que representa una reducción de costos de producción de hasta US\$ 5 723,69 anual.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.4.2 Determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C.

Para proceder a la determinación de los indicadores de mantenimiento en la fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C, después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total se procedió llevando a cabo las siguientes acciones:

En la Tabla 32, se muestran los números de parada por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el periodo de observación, expresados en número de fallas detectadas:

**Tabla 32.**

*Número de fallas por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el periodo de observación.*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN			
	Jul.	Ago.	Set.	Total
Guillotina	3,0	1,0	1,0	5,0
Plegadora	3,0	-	1,0	4,0
Máquina de corte y ángulo	1,0	1,0	1,0	3,0
Taladro Industrial	1,0	-	-	1,0
Máquina de soldadura LF24M	4,0	2,0	1,0	7,0

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 33, se muestran los tiempos de horas totales de operación por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el periodo de observación, expresados en horas:

**Tabla 33.**

*Tiempos de horas totales de operación en el periodo de observación (expresados en horas).*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN			
	Jul.	Ago.	Set.	Total
Guillotina	183,0	172,0	212,0	567,0
Plegadora	183,0	192,0	192,0	567,0
Máquina de corte y ángulo	190,0	180,0	197,0	567,0
Taladro Industrial	190,0	190,0	197,0	567,0
Máquina de soldadura LF24M	183,0	192,0	192,0	567,0

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 34, se muestran los tiempos de parada por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total en el periodo de observación, expresados en horas:

**Tabla 34.**

*Tiempos de parada por equipos después de la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (expresados en horas).*

MAQUINARIA	PERIODO DE OBSERVACIÓN			
	Jul.	Ago.	Set.	Total
Guillotina	12,0	2,5	2,0	16,5
Plegadora	7,0	-	3,5	10,5
Máquina de corte y ángulo	3,5	3,0	2,5	9,0
Taladro Industrial	1,5	-	-	1,5
Máquina de soldadura LF24M	15,0	7,0	3,5	25,5

**Fuente:** Elaboración propia.

De esta forma, en la Tabla 35 se presentan los indicadores de mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan:

**Tabla 35.**

*Indicadores de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en el mantenimiento de la empresa en el periodo previo a la implementación del plan.*

Maquinaria	Índice de confiabilidad	Índice de mantenibilidad	Índice de disponibilidad
Guillotina	94,50	3,30	0,97
Plegadora	113,40	2,63	0,98
Máquina de corte y ángulo	141,75	3,00	0,98
Taladro Industrial	283,5	1,50	0,99
Máquina de soldadura LF24M	70,88	3,64	0,95

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.5. Determinar el costo y beneficio como resultado de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.**

En esta parte de la investigación, se analizaron los recursos relacionados con los factores tiempo, recursos humanos y recursos materiales, con el propósito de generar una alternativa rentable y confiable en la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC. mediante un análisis de costo y beneficio. La estructura de esta sección fue la siguiente:

- a) Determinación de los recursos humanos y horas/hombre empleada en la implementación de las actividades.
- b) Relación de recursos materiales adquiridos para la implementación de las actividades relacionadas con la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos
- c) Identificación de las actividades post implementación y su estimación de gastos.
- d) Cálculo de los beneficios de la implementación, a partir de la evaluación del nivel de productividad de la organización, medido a través del aporte de la gestión de producción al cumplimiento de las metas comerciales y financieras mediante: incremento de las ventas, reducción del desperdicio, y reducción de las incidencias por producto no conforme.
- e) Comparación de los costos y beneficios de la implementación.

**Recursos humanos:** Para la implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC, se requirió el uso de 2 771 horas/hombre distribuidas en un total de 327 horas en un plan de ejecución de 55 días extendidos entre los meses de julio a septiembre, según se muestra en la Tabla 36.

**Tabla 36.**

*Recurso Humano necesario para la implementación del TPM.*

<b>Fase/Actividad</b>	<b>Duración (h)</b>	<b>Trabajadores</b>	<b>Horas hombre</b>
<b><i>Preparación del plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM).</i></b>			
Presentación del plan a la dirección.	2	3	6
Información al personal mediante charla.	4	30	120
Selección del comité de TMP.	2	3	6
Aplicación de instrumento.	2	30	60
Resultados encuesta y grupo nominal.	4	3	12
Determinación de puntos de mejora.	4	5	20
Definición de los componentes del plan.	8	5	40
<b><i>Actividades relacionadas con educación y formación dentro de la implementación.</i></b>			
Determinación de necesidades	2	3	6
Capacitación en neumática básica.	16	10	160
Capacitación de electricidad básica.	16	10	160
Capacitación en mecánica básica	16	10	160
Revisión de resultados.	2	5	10
<b><i>Actividades relacionadas con mejoras enfocadas.</i></b>			
Identificación de mejoras enfocadas.	4	5	20
Preparación del plan de acción.	4	5	20
Compra de materiales y repuestos.	8	3	24
Desarrollo de plan de mantenimiento correctivo.	40	10	400
Evaluación de resultados.	4	4	16
<b><i>Actividades relacionadas con mantenimiento autónomo.</i></b>			
Planeación de actividades.	3	3	9
Compra de materiales de mantenimiento.	16	2	32
Ejecución del plan de lubricación e inspección.	24	10	240
Verificación de operaciones.	4	3	12
<b><i>Actividades relacionadas con mantenimiento planificado progresivo.</i></b>			
Levantamiento de información.	4	4	16
Elaboración de instructivos y formatos.	8	3	24
Charla informativa.	2	30	60
Ejecución del plan de MPP.	96	10	960
Evaluación de resultados.	4	5	20
<b><i>Evaluación y cierre del proceso de implementación de TPM</i></b>			
Elaboración de informe	16	3	48
Presentación a dirección	2	5	10
Presentación al personal	2	30	60
Plan de seguimiento y medidas correctivas	4	5	20
Cierre con la empresa	4	5	20
<b>Totales</b>	<b>327</b>		<b>2 771</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Recursos materiales y financieros:** Para la implementación del plan se requiere una inversión de US\$ 8 670,73; de acuerdo con lo descrito en la Tabla 37:

**Tabla 37.**

*Recursos materiales y financieros necesarios para la implementación del TPM.*

<b>Fase/Actividad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (US\$)</b>	<b>Total (US\$)</b>
<b><i>Preparación del plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM)</i></b>			
Horas hombre	264	2,58	681,12
Alquiler video beam y pantalla de proyección	1	30,00	30,00
Refrigerios para charla presentación	1	50,00	50,00
Material de oficina	1	10,00	10,00
<b><i>Actividades relacionadas con educación y formación dentro de la implementación</i></b>			
Horas hombre	496	2,58	1 279,68
Alquiler video beam y pantalla de proyección	1	30,00	30,00
Material didáctico para tres capacitaciones	3	30,00	90,00
Material de oficina	1	25,00	25,00
<b><i>Actividades relacionadas con mejoras enfocadas</i></b>			
Horas hombre	480	2,58	1 238,40
Material de oficina	1	5,00	5,00
Compra de materiales y repuestos	1	650,00	650,00
<b><i>Actividades relacionadas con mantenimiento autónomo</i></b>			
Horas hombre	293	2,58	755,94
Compra de materiales de mantenimiento.	1	491,55	491,55
Material de oficina	1	10,00	10,00
<b><i>Actividades relacionadas con mantenimiento planificado progresivo</i></b>			
Horas hombre	1 080	2,58	2 786,40
Material para instructivos y formatos	1	35,00	35,00
Refrigerios para charla informativa	1	50,00	50,00
<b><i>Evaluación y cierre del proceso de implementación de TPM</i></b>			
Horas hombre	158	2,58	407,64
Material de oficina	1	15,00	15,00
Alquiler video beam y pantalla de proyección	1	30,00	30,00
<b>Totales</b>			<b>8 670,73</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

De esta manera, en la Tabla 38 se muestra los costos asociados a los 3 primeros meses de la implementación del mantenimiento productivo Total.

**Tabla 38.**

*Recursos materiales y financieros necesario para la implementación del TPM en los 3 primeros meses.*

1er. Mes		2do. Mes		3er. Mes	
Fase/Actividad	Costo Total (US\$)	Fase/Actividad	Costo Total (US\$)	Fase/Actividad	Costo Total (US\$)
<b>Actividades Relacionadas con Educación y Formación</b>		<b>Actividades Relacionadas con Mejoras Enfocadas</b>		<b>Actividades Relacionadas con Mantenimiento Planificado Progresivo</b>	
Horas hombre	681,12	Horas hombre	1 238,4	Horas hombre	2 786,4
Alquiler video beam y pantalla de proyección	30	Material de oficina	5	Material para instructivos y formatos	35
Refrigerios para charla presentación	50	Compra de materiales y repuestos	650	Refrigerios para charla informativa	50
Material de oficina	10				
<b>Preparación del Plan de Mantenimiento Productivo total</b>		<b>Actividades Relacionadas con Mantenimiento Autónomo</b>		<b>Evaluación y Cierre del Proceso de Implementación de TPM</b>	
Horas hombre	1 279,68	Horas hombre	755,94	Horas hombre	407,64
Alquiler video beam y pantalla de proyección	30	Compra de materiales y repuestos	491,55	Material de oficina	15
Material didáctico para tres capacitaciones	90	Material de oficina	10	Alquiler video beam y pantalla de proyección	30
Material de oficina	25				
<b>Total de Costo Mensual (US\$)</b>	<b>2 195,80</b>		<b>3 150,89</b>		<b>3 324,04</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Como actividades recurrentes posteriores a la implementación del Mantenimiento Productivo Total se incluyen aquellas actividades que forman parte de la propuesta que no formaban parte de la rutina de trabajo existente en la gestión de mantenimiento en el proceso de fabricación de monopolos. Se describen las siguientes en la Tabla 39, en estimaciones hechas para el primer mes posterior a la implementación:

**Tabla 39.**

*Recursos materiales y financieros necesario para las actividades post implementación del TPM.*

Descripción	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
Horas hombre mensuales para revisión de los planes de TMP por el comité.	24	2,58	61,92
Horas hombre para ejecución de actividades relacionadas con TMP	240	2,58	619,20
Horas hombre para inspección de actividades relacionadas con TMP	60	2,58	154,80
Horas hombre para elaboración de informe mensual.	12	2,58	30,96
Materiales para el mantenimiento y limpieza de las condiciones de las máquinas.	1	163,85	163,85
Material de oficina para las actividades relacionadas con el TMP	1	15,00	15,00
Total mensual			1 045,73

**Fuente:** Elaboración propia.

De esta forma, los costos asociados a la implementación de actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC. para el primer año de implementación se estiman en US\$ 18 082,30 de los cuales US\$ 8 670,73 corresponden a actividades de implementación y US\$ 9 411,57 corresponden a actividades post implementación, según se detalla en la Tabla 40.

**Tabla 40.**

*Costos asociados al primer año de implementación de las actividades para la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC.*

Mes de implementación	Costos estimados
1	2 195,80
2	3 150,89
3	3 324,04
4	1 045,73
5	1 045,73
6	1 045,73
7	1 045,73
8	1 045,73
9	1 045,73
10	1 045,73
11	1 045,73
12	1 045,73
Total	18 082,30

**Fuente:** Elaboración propia.

**Calculo del beneficio de la implementación:** para el cálculo del beneficio, se toman en cuenta los indicadores de nivel de cumplimiento de la producción. En este sentido, este indicador registraba antes de la implementación en 79,16% de cumplimiento de las órdenes, y después de la implementación se alcanzó un 93,75%. Tomando ambos indicadores como referencia, el cálculo del beneficio se hace de la siguiente forma (Ver Tabla 41 y Tabla 42):

- Cálculo de los ingresos por ventas estimados sin la implementación de la propuesta en el horizonte del primer año.
- Cálculo de los ingresos por ventas estimados con las mejoras alcanzadas después la implementación de la propuesta en el horizonte del primer año.
- Cálculo de la utilidad sobre ventas antes y después de la propuesta.
- Descuento de los costos estimados para la implementación y post implementación.
- Cálculo del beneficio neto después de la implementación.

Una vez hechos estos cálculos, se obtiene un beneficio neto por la implementación del TPM de US\$ 66 520,83 para el primer año de implementación.

**Tabla 41.**

*Cálculo de las ventas por incremento en la producción de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC para el primer año de implementación.*

Mes	Presupuesto de ventas (unidades)	Precio de venta	Presupuesto de ventas en \$	Eficacia antes de la implementación	Ventas estimadas sin implementación	Eficacia después de la implementación	Ventas estimadas con implementación
1	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	87,50%	143 329,62
2	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	100,00%	163 805,28
3	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
4	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
5	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
6	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
7	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
8	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
9	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
10	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
11	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
12	16,00	10 237,83	163 805,28	79,16%	129 668,26	93,75%	153 567,45
Total			1 965 663,36		1 556 019,12		1 842 809,40

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 42.**

*Cálculo de los beneficios económicos por incremento en la producción de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ SAC para el primer año de implementación.*

Mes	Ventas estimadas sin implementación	Ventas estimadas con implementación	Margen de utilidad (producción)	Utilidades estimadas sin implementación	Utilidades estimadas con implementación	Beneficio económico	Costos asociados a la implementación	Beneficio neto
1	129 668,26	143 329,62	29,50%	38 252,14	42 282,24	4 030,10	2 195,80	1 834,30
2	129 668,26	163 805,28	29,50%	38 252,14	48 322,56	10 070,42	3 150,89	6 919,53
3	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	3 324,04	3 726,22
4	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
5	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
6	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
7	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
8	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
9	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
10	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
11	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
12	129 668,26	153 567,45	29,50%	38 252,14	45 302,40	7 050,26	1 045,73	6 004,53
<b>Total</b>	<b>1 556 019,12</b>	<b>1 842 809,40</b>		<b>459 025,64</b>	<b>543 628,77</b>	<b>84 603,13</b>	<b>18 082,30</b>	<b>66 520,83</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Al estimarse los costos de implementación y actividades de post implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en US\$ 18 082,30 y su beneficio en US\$ 84 603,13; se espera un beneficio neto de US\$ 66 520,83 para el primer año de la implementación que indica la factibilidad desde el punto de vista económico (Ver Tabla 43).

**Tabla 43.**

*Relación Costo/Beneficio de la implementación del TPM.*

Mes	Costo de implementación del TPM	Beneficio por implementación de la mejora	Beneficio neto
1	2 195,80	4 030,10	1 834,30
2	3 150,89	10 070,42	6 919,53
3	3 324,04	7 050,26	3 726,22
4	1 045,73	7 050,26	6 004,53
5	1 045,73	7 050,26	6 004,53
6	1 045,73	7 050,26	6 004,53
7	1 045,73	7 050,26	6 004,53
8	1 045,73	7 050,26	6 004,53
9	1 045,73	7 050,26	6 004,53
10	1 045,73	7 050,26	6 004,53
11	1 045,73	7 050,26	6 004,53
12	1 045,73	7 050,26	6 004,53
<b>Total</b>	<b>18 082,30</b>	<b>84 603,13</b>	<b>66 520,83</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Al acumular los beneficios obtenidos mes a mes, se puede comprobar que se recupera la inversión estimada para el primer año de implementación a partir del cuarto mes de implementación (Ver Tabla 44):

**Tabla 44.**

*Comparación mensual Costo/Beneficio para obtener el punto de equilibrio.*

Mes	Costo de implementación de la propuesta	Beneficio acumulado por implementación de la mejora
1	2 195,80	1 834,30
2	3 150,89	8 753,83
3	3 324,04	12 480,05
4	1 045,73	<b>18 484,58</b>
5	1 045,73	24 489,12
6	1 045,73	30 493,65
7	1 045,73	36 498,18
8	1 045,73	42 502,71
9	1 045,73	48 507,24
10	1 045,73	54 511,77
11	1 045,73	60 516,30
12	1 045,73	66 520,83
<b>Total</b>	<b>18 082,30</b>	<b>66 520,83</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 45, se muestra una proyección de los costos del proyecto y sus beneficios en los cinco años inmediatos a la implementación, para demostrar la sostenibilidad del proyecto en el tiempo, a precios y costos actuales.

**Tabla 45.**

*Proyección de los costos del proyecto y sus beneficios en los cinco años inmediatos a la implementación.*

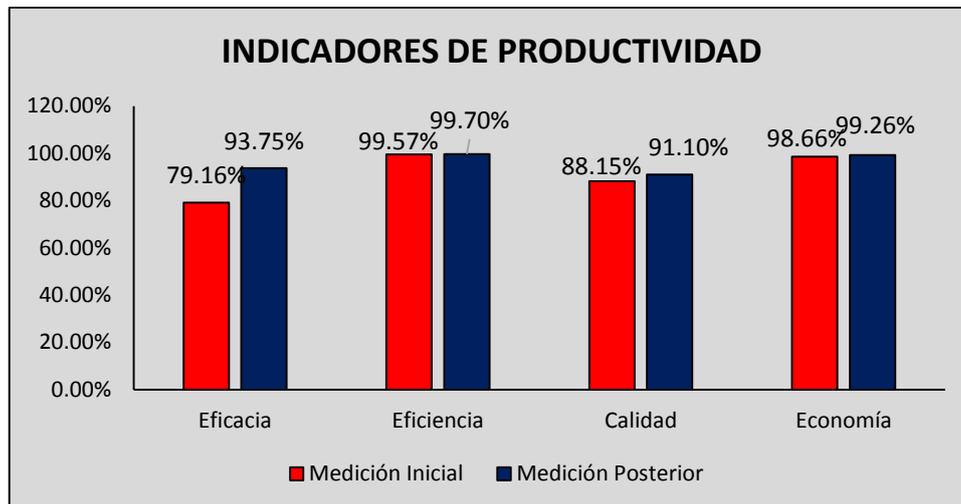
Año	Costo de implementación	Beneficios obtenidos con mejoras	Beneficio neto	Beneficio acumulado
1	18 082,30	84 603,13	66 520,83	66 520,83
2	12 548,76	84 603,13	72 054,37	138 575,21
3	12 548,76	84 603,13	72 054,37	210 629,58
4	12 548,76	84 603,13	72 054,37	282 683,96
5	12 548,76	84 603,13	72 054,37	354 738,33

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultado del objetivo 1:

De acuerdo a la tabla 9 y tabla 14, están desarrolladas los indicadores de productividad y mantenimiento actual de la empresa.



**Figura 11.**

*Indicador de productividad antes y después de la implementación.*

**Fuente:** Elaboración propia.

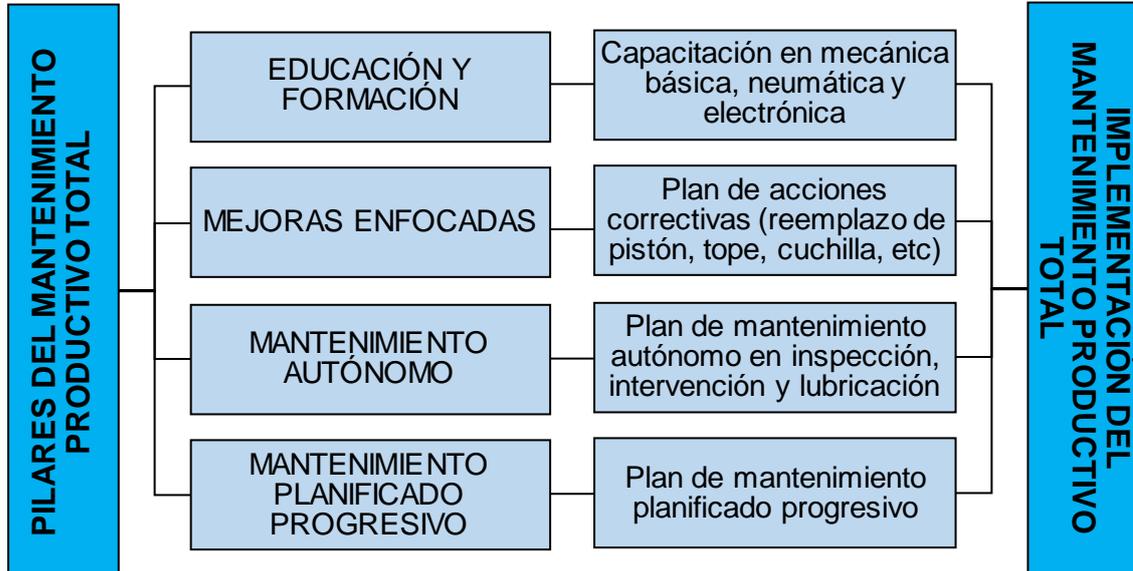
### 4.2 Resultado del objetivo 2:

De acuerdo a la tabla 17, están las principales causas detectadas que afectan la baja productividad y son:

- Los trabajadores no han recibido capacitación para hacer labores de mantenimiento a las máquinas.
- No se han programado actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos.
- No se han implementado métodos en la empresa para identificar y notificar fallas en las maquinarias. No se hace una inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento.
- Han ocurrido paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina.
- Los trabajadores no cuentan con las herramientas adecuadas para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas.
- No se han desarrollado acciones para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador.

#### 4.3 Resultado del objetivo 3:

Se logró elaborar la estructura para la implementación del mantenimiento productivo total y las acciones a tomar para cada pilar, según se muestra en la Figura 12.



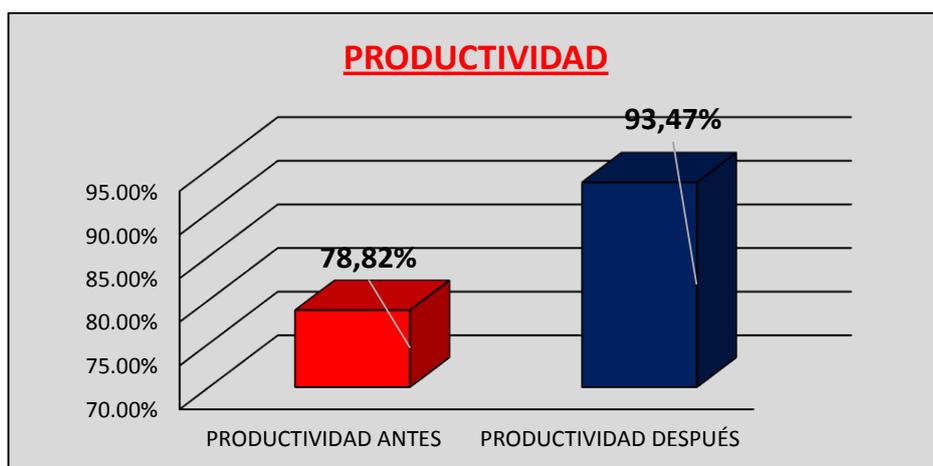
**Figura 12.**

*Estructura y acciones para el Mantenimiento Productivo Total.*

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.4 Resultado del objetivo 4:

La aplicación de TPM ha permitido una mejora en la productividad con un incremento del 14,65%, al cierre de setiembre, respecto al semestre anterior. Este gráfico, muestra una tendencia de mejora sostenible en el tiempo.



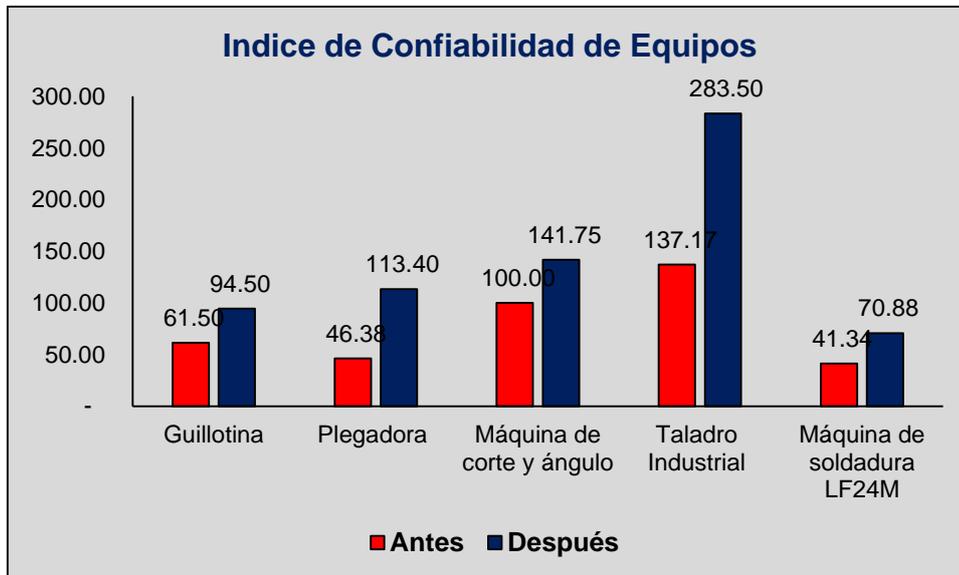
**Figura 13.**

*Productividad antes y después de la implementación.*

**Fuente:** Elaboración propia.

### Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad

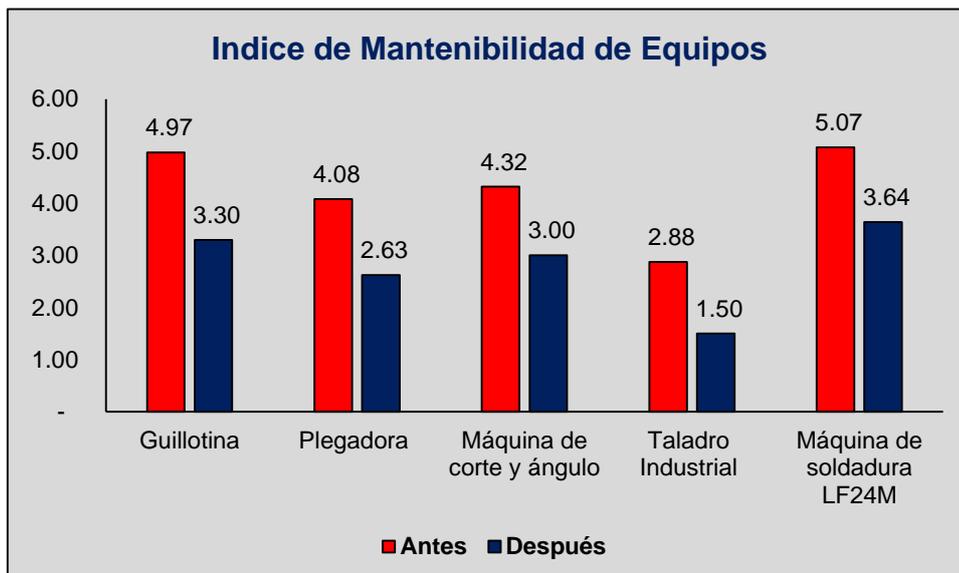
A consecuencia de la mejora de la productividad, también se evidenció una mejora en los siguientes indicadores: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. Al mejorar la productividad, se logró también aumentar la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos teniendo resultados superiores a los mostrados antes de la aplicación de TPM.



**Figura 14.**

*Indicador de confiabilidad antes y después de la implementación.*

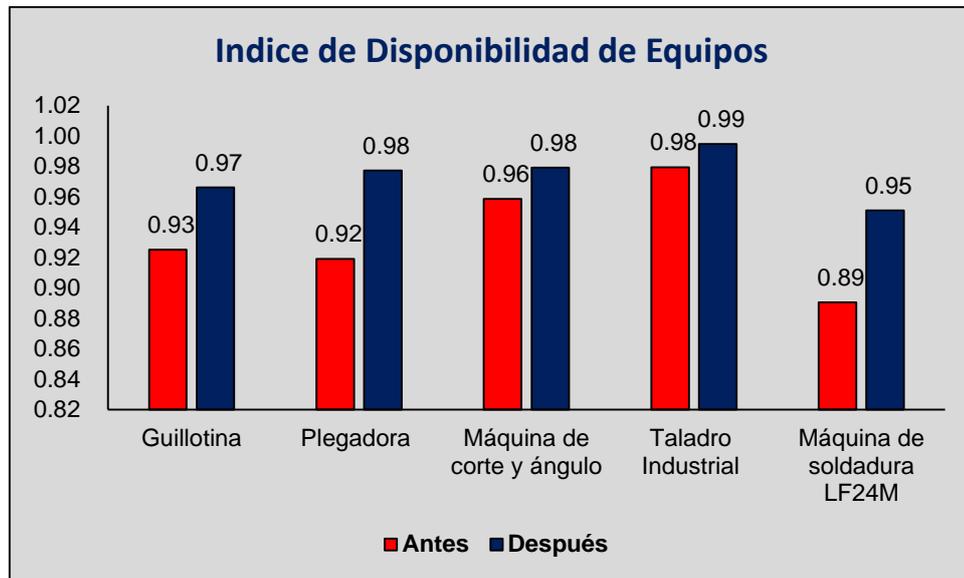
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 15.**

*Indicador de mantenibilidad antes y después de la implementación.*

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 16.**

*Indicador de disponibilidad antes y después de la implementación.*

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.5 Resultado del objetivo 5:

En la tabla 42, se puede comprobar los costos actividades de implementación y actividades de post implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en un total de US\$ 18 082,30 y su beneficio en US\$ 84 603,13; donde se espera un beneficio neto de US\$ 66 520,83 para el primer año de la implementación, recuperando lo invertido a partir del cuarto mes.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

### **Conclusión del objetivo 1:**

Para comenzar, se procedió a determinar la productividad actual, evaluando su impacto, en el proceso de fabricación de monopolos de la empresa ESMETEL PERÚ S.A.C. en este sentido se concluye que al inicio de la intervención la empresa manifestaba dificultades en cumplir con el presupuesto de producción establecido para garantizar su permanencia en el mercado y el logro de las metas comerciales y financieras. El nivel de desperdicio de materiales en el proceso de producción es de US\$ 2 642,07, lo que equivale al 0,43% de los costos totales de producción. Asimismo, el nivel de efectividad de la producción está por debajo de lo presupuestado en 20 unidades en el periodo observado, a un promedio de 3,33 unidades/mes. Por ende, los valores nos indican que es una situación deficiente.

### **Conclusión del objetivo 2:**

Luego se logró la identificación de los factores que influyen en la baja productividad en el proceso de fabricación de monopolos. En este sentido, los resultados obtenidos en el diagnóstico y descripción de la situación actual del proceso de fabricación para identificar las causas que afectan la productividad, permitió detectar los siguientes elementos: falta de conocimiento y capacitación del personal, problemas relacionados con el uso y mantenimiento de maquinarias y equipos; métodos de trabajo, uso de materiales y eficiencia de la mano de obra, que generan altos niveles de desperdicios en el uso de las materias primas empleadas en el proceso de embotellado.

### **Conclusión del objetivo 3:**

En lo que respecta a la estructuración y planificar mejora con aplicación TPM, como una herramienta que ayude en el incremento de la productividad, el proceso de fabricación de monopolos, se definieron cuatro estrategias basadas en los pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM), que al ser aplicados dentro de la organización garantizan la obtención de mejoras en los sistemas productivos: capacitación en mecánica básica, neumática y electrónica; plan de mantenimiento planificado progresivo para la empresa y plan de acciones correctivas; además de un plan de mantenimiento que incluye: inspección, intervención y lubricación.

### **Conclusión del objetivo 4:**

Seguidamente, se procedió a implementar TPM en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERÚ, S.A.C. de dicha implementación, se evidencia la capacidad del área de fabricación de monopolos de mejorar su productividad con la implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total hasta alcanzar metas muy próximas al presupuesto de producción de la empresa; se logró una disminución del 0,13% en los desperdicios generados por la fabricación de monopolos que representa una reducción de costos de producción de hasta US\$ 973,98 anual, Se logró un incremento de 2,33 unidades producidas mensuales con la implementación de las acciones del programa y se logró un incremento del 0,60% en el aprovechamiento de los recursos la fabricación

de monopolos mediante la disminución de los desperdicios y el producto no conforme, que representa una reducción de costos de producción de hasta US\$ 5 723,69 anual.

**Conclusión del objetivo 5:**

Finalmente, se procedió a determinar el costo y beneficio como resultado de la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el proceso de fabricación de monopolos, Al estimarse los costos de implementación y actividades de post implementación en US\$ 18 082,30 y su beneficio en US\$ 84 603,13; se espera un beneficio neto de US\$ 66 520,83 para el primer año de la implementación que indica la factibilidad de la propuesta desde el punto de vista económico. En líneas generales, el plan aplicado para la implementación del TPM en la empresa contribuyó a incrementar la productividad y reducir averías, desperdicios, minimizar las inconformidades de producto, contribuir a desarrollar las habilidades de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo en equipo, así como la documentación de los procesos para su mejoramiento y optimización.

## RECOMENDACIONES

- Continuar con el plan de capacitaciones a todo personal de producción de la empresa, para darles a conocer las fallas que se presentan en el área de monopolos, e incentivar el trabajo en equipo.
- Incentivar constantemente al personal para evaluar los procesos que se llevan a cabo y sugerir oportunidades de mejoramiento continuo que se refleje en la calidad del trabajo y en las condiciones en las que este se lleva a cabo.
- Es necesario contratar más personal con experiencia en mantenimiento especializado para las líneas de producción. Además, entrenar a una parte del personal en estas labores para asegurar la disponibilidad de personal para los trabajos de servicio de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Continuar aplicando y mejorando el TPM, que ha demostrado ser una herramienta de mucha utilidad para reducir los costos.
- La utilidad del presente trabajo es aplicable a todo sector del negocio.

## REFERENCIAS

- Améndola, L. (2009). Modelos Mixtos de Confiabilidad, España, 2002. Publicado por Datastream, Disponible en internet en: [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com). Consultado en Julio de 2018.
- Cequea y Núñez (2011). "La Productividad desde una Perspectiva Humana". Documento en línea. Disponible en:  
[https:// oa.upm.es/10774/](https://oa.upm.es/10774/)
- Céspedes, N., Lavado, P. y Ramírez, N. (2016). "Productividad en Perú: medición, determinantes e implicancias". Documento en línea. Disponible en:  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1263/ING\\_437.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1263/ING_437.pdf).
- Di Natale, N., Picón, E., y Quezada, H. "Planeamiento Estratégico del Sector Metalmeccánica en el Perú". Tesis de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Consulta: Octubre 2018. Disponible: [tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8489](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8489).
- García, A. (2011). *Productividad y Reducción de Costos*. 2da. ed. Editorial Trillas, Ciudad de México.
- Gutiérrez H. (2010). *Indicadores de Calidad y Productividad*. Documento en línea. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/31608701\\_Calidad\\_Total\\_y\\_Productividad](https://www.researchgate.net/publication/31608701_Calidad_Total_y_Productividad). Consulta: Setiembre 2018.
- Gutiérrez, H. (2014). *Calidad y Productividad*. 4ta. Ed. México: Mc Graw Hill.
- Mantilla, A. (2016). "Propuesta de técnicas de mejoramiento TPM". Tesis de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil Consulta: Octubre 2018. Disponible:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23059/1/MANTILLA%20LOZANO%20C3%81NGEL%20STALIN%20NEW%20APP.pdf>
- Niebel, B. (2012). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño de trabajo*. 12va. ed. Editorial Alfa y Omega, Ciudad de México. Consulta: Setiembre 2018.
- Silva J. (2005). "Implantación del TMP en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa". Documento en línea. Disponible en:  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1263/ING\\_437.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1263/ING_437.pdf).
- Torres, L. (2005) *Mantenimiento. Su Implementación y Gestión*, Universitas, 2da. ed. Argentina, 2005. Publicado por Datastream, Disponible en internet en: [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com). Consultado en Junio de 2018.

## ANEXOS

**Anexo n.º 1.** Modelo de cuestionario aplicado para diagnosticar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa.

ÍTEM	CONTENIDO DE LA PREGUNTA	OPCIONES DE RESPUESTA	
		SÍ	NO
1	¿Existe algún método en la empresa para identificar y notificar fallas en las maquinarias?		
2	¿En la actualidad se evalúan las causas de las fallas en los equipos?		
3	¿Se han desarrollado acciones para conservar y mejorar las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador?		
4	¿Se hace una inspección diaria de los equipos para verificar su estado y necesidad de mantenimiento?		
5	¿En la actualidad se evita el deterioro del equipo mediante una operación correcta y su permanente verificación de acuerdo a los estándares?		
6	¿Se han programado actividades de mantenimiento preventivo para los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos?		
7	¿Han ocurrido paradas de planta por falta de mantenimiento de una máquina?		
8	¿Han ocurrido paradas de planta por falta de repuestos para reemplazar en una máquina?		
9	¿Existen en la empresa equipos sustitutos de maquinarias en reparación?		
10	¿Se han programado actividades de limpieza de maquinaria y equipos en forma periódica?		
11	¿Los trabajadores cuentan con las herramientas adecuadas para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas?		
12	¿Los trabajadores cuentan con los materiales adecuados para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas?		
13	¿Los trabajadores disponen de los repuestos menores para hacer labores de mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas?		
14	¿Se genera desperdicio de material por fallas en el funcionamiento de la máquina?		
15	¿Se cuentan con los materiales adecuados para hacer labores de limpieza preventiva a las maquinarias y equipos?		
16	¿Se han creado indicadores de gestión para saber el nivel de desempeño del área de producción?		
17	¿Se generan productos defectuosos por fallas en el funcionamiento de la máquina?		
18	¿Se realizan actividades para conservar y mejorar el las condiciones del equipo con la participación del usuario u operador?		
19	¿Las áreas de trabajo se mantienen limpias, ordenadas y libres de contaminación?		

20	¿Se ha definido un procedimiento para el mantenimiento preventivo de cada equipo de acuerdo con sus características?		
21	¿Los trabajadores han recibido capacitación para hacer labores de mantenimiento a las máquinas?		
22	¿Los operarios tienen conocimiento respecto a las tareas de lubricación de los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos?		
23	¿Los operarios tienen conocimiento respecto a las tareas de calibración de los equipos que se emplean en la fabricación de monopolos?		
24	¿La empresa ha incentivado al personal a proponer mejoras en el proceso de mantenimiento de maquinaria y equipos?		
25	¿La empresa ha realizado acciones para incrementar las habilidades del personal en cuanto de mantenimiento de maquinaria y equipos?		

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo n.º 2.** Detalle de la muestra seleccionada para aplicar el cuestionario aplicado para diagnosticar los factores relacionados con mantenimiento que inciden en la baja productividad de la empresa.

CARGO	NÚMERO DE PERSONAS
Supervisor de Producción	1
Operadores de Corte	1
Operadores de Trazo	4
Operadores de Armado de Cuerpo de Monopolo	2
Operadores de Soldadura	2
Operadores de Limpieza Metálica	2
Operadores de Corte de estructuras menores	3
Operadores de Plegado de estructuras menores	3
Operadores de Armado de estructuras menores	6
Operadores de Soldadura de estructuras menores	6
<b>Total</b>	<b>30</b>

Fuente: Departamento de producción de la empresa.

**Anexo n.º 3.** Relación de las máquinas empleadas en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa ESMETEL PERU SAC.

MÁQUINA DE SOLDADURA LINCOLN ELECTRIC



PLEGADORA MARCA SAFAN



TALADRO INDUSTRIAL JOHANSSON



MÁQUINA DE CORTE Y ANGULO GEKA



MÁQUINA GUILLOTINA MARCA PURMA









**Anexo n.º 7.** Relación de las fallas en máquinas empleadas en el proceso de fabricación de monopolos en la empresa.

<b>FORMATO PARA CONTROL DE LAS FALLAS EN MÁQUINAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MONOPOLOS EN LA EMPRESA</b>			
Nombre del equipo		GUILLOTINA	
Marca		PURMA	
No.	Fecha de la falla	Duración (horas)	Descripción de la falla
1	10/01/2018	6,00	REEMPLAZO DE CUCHILLAS
2	12/01/2018	3,00	DERRAME POR ROTURA DE MANGUERAS
3	15/01/2018	5,00	CONEXIONES O CABLES DAÑADOS
4	18/01/2018	6,00	CUCHILLAS DESALINEADAS
5	30/01/2018	3,50	DERRAME POR ROTURA DE MANGUERAS
6	06/02/2018	5,00	CUCHILLAS DAÑADAS
7	09/02/2018	4,00	CABLEADO ELÉCTRICO
8	19/02/2018	4,00	RELÉ, TRASFORMADOR Y CONTACTOR.
9	26/02/2018	5,00	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA
10	11/04/2018	5,00	DERRAME POR ROTURA DE MANGUERAS
11	25/04/2018	7,00	FILTRO DE SUCCIÓN
12	02/05/2018	5,00	CUCHILLAS DAÑADAS
13	10/05/2018	7,50	RODAMIENTOS Y RUIDOS
14	23/05/2018	8,50	FALLAS EN INTERRUPTORES Y PEDALERAS
15	01/06/2018	5,00	DERRAME POR ROTURA DE MANGUERAS
16	05/06/2018	1,00	DERRAME POR ROTURA DE MANGUERAS
17	06/06/2018	7,00	CUCHILLAS DAÑADAS
18	26/06/2018	2,00	REEMPLAZO DE CUCHILLAS
Elaborado por:			
Fecha:			

<b>FORMATO PARA CONTROL DE LAS FALLAS EN MÁQUINAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MONOPOLOS EN LA EMPRESA</b>			
Nombre del equipo		PLEGADORA	
Marca		SAFAN	
No.	Fecha de la falla	Duración (horas)	Descripción de la falla
1	09/01/18	2,00	FALLAS EN PISTONES
2	09/01/18	4,00	FALTA DE LUBRICACIÓN GENERAL
3	02/01/18	5,00	CONEXIONES O CABLES DAÑADOS
4	16/01/18	2,50	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA
5	17/01/18	2,00	FALLAS EN PISTONES
6	19/01/18	3,00	FALLAS EN ELECTROVÁLVULAS
7	19/01/18	2,00	FALTA DE LUBRICACIÓN GENERAL
8	22/01/18	3,00	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA
9	24/01/18	3,50	FALLAS EN PISTONES
10	24/01/18	4,00	FALLAS EN ELECTROVÁLVULAS
11	28/01/18	3,00	FALLAS EN ELECTROVÁLVULAS
12	11/02/18	3,00	PUNZÓN Y MATRIZ INFERIOR
13	19/02/18	4,00	FALLAS EN PISTONES
14	05/03/18	6,00	FALLAS EN PISTONES
15	22/03/18	4,00	FALTA DE LUBRICACIÓN GENERAL
16	13/04/18	4,00	FALLAS EN ELECTROVÁLVULAS
17	19/04/18	3,00	CONEXIONES O CABLES DAÑADOS
18	22/04/18	4,00	FALLAS EN PISTONES
19	03/05/18	5,00	CONEXIONES O CABLES DAÑADOS
20	14/05/18	4,00	FALTA DE LUBRICACIÓN GENERAL
21	18/05/18	6,00	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA
22	29/05/18	4,00	CONEXIONES O CABLES DAÑADOS
23	15/06/18	3,00	FALLAS EN PISTONES
24	27/06/18	3,00	FALLAS EN ELECTROVÁLVULAS
Elaborado por:			
Fecha:			





<b>FORMATO PARA CONTROL DE LAS FALLAS EN MÁQUINAS EMPLEADAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MONOPOLOS EN LA EMPRESA</b>			
Nombre del equipo		MÁQUINA DE SOLDADURA LF24M	
Marca		LINCOLN ELECTRIC	
No.	Fecha de la falla	Duración (horas)	Descripción de la falla
1	01/01/18	3,00	FALLA EN CABLEADO
2	01/01/18	5,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
3	01/01/18	4,00	ANTORCHA DAÑADA
4	01/01/18	5,50	ANTORCHA DAÑADA
5	05/02/18	4,00	PISTOLA OBSTRUIDA
6	13/02/18	7,00	DEFORMACIÓN EN SUPERFICIE
7	05/02/18	3,00	FALLA EN CABLEADO
8	21/02/18	4,00	TERMINALES QUEMADOS
9	22/02/18	1,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
10	01/03/18	4,00	FALLA EN CABLEADO
11	06/03/18	6,00	PISTOLA OBSTRUIDA
12	20/03/18	6,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
13	23/03/18	5,00	FALLA EN CABLEADO
14	26/03/18	3,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
15	03/04/18	3,00	FALLA EN CABLEADO
16	06/04/18	4,00	FALLA EN CABLEADO
17	12/04/18	5,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
18	16/04/18	5,00	DEFORMACIÓN EN SUPERFICIE
19	19/04/18	6,00	FALLA EN CABLEADO
20	24/04/18	8,00	TERMINALES QUEMADOS
21	07/05/18	5,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
22	11/05/18	9,00	PIEZAS DESAJUSTADAS
23	15/05/18	6,50	FALLA EN CABLEADO
24	23/05/18	7,00	TERMINALES QUEMADOS
25	11/06/18	7,00	PISTOLA OBSTRUIDA
26	12/06/18	5,00	FALLA EN CABLEADO
27	21/06/18	6,00	PISTOLA OBSTRUIDA
Elaborado por:			
Fecha:			

Anexo n.º 8. Registro de capacitación de mantenimiento autonomo.

ESMETEL PERÚ S.A.C.		REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA			Código	SSMA/FO/PR/013
					Versión	01.00
					Fecha	01/08/2017
DATOS DEL EMPLEADOR						
EMPRESA	RUC	DIRECCIÓN		TIPO DE ACTIVIDAD		
ESMETEL PERÚ SAC	20557400894	CALLE SANTA ANA LOTE 62 FONDO CHACRA CERRO - COMAS		FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS		
DATOS GENERALES						
FECHA	HORA INICIO	HORA TERMINO				
28/06/2018	07:00 AM	08:15 AM				
CIUDAD Y/O LOCALIDAD	ACTIVIDAD A REALIZAR					
COMAS, LIMA	FABRICACIÓN DE E.E.M.M.					
TEMA TRATADO	ORDEN Y LIMPIEZA - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO					
TIPO DE EVENTO						
MARCAR (X)	INDUCCIÓN	CAPACITACIÓN		ENTRENAMIENTO	SIMULACROS DE EMERGENCIA	
		Diana 5'	Específica			
	X					
ANTES DE REALIZAR LABORES TENER EN CUENTA LO SIGUIENTE:						
1) Inspeccionar e identificar los peligros en la zona de trabajo y establecer las medidas de control vinculadas.						
2) Revisar los EPPs, herramientas y equipos de trabajo se encuentren en buen estado de conservación.						
3) El jefe de grupo o el supervisor tendrá a mano y verificará que el personal conozca los procedimientos y el Plan de Manejo de Residuos de las actividades a ejecutarse.						
PARTICIPANTES						
Nº	APellidos y Nombres	CARGO	AREA	DNI	FIRMA (*)	
	BAUTISTA ESTELA DEBALLE	OBRAERO	PIRNTA	48933938		
	LEÓN L. VICTOR HUGO	OP	"	04483462		
	Capistrano Valverde Luis	OP	"	77805683		
	EUGENIO GASTÓN	S. ... R.	"	7438233		
	Regulador Cortez Emerson	Soldador	"	43795208		
	SANCANTARÍA MONTE J.	SOLDADOR	"	47653942		
	Concepcion Lopez D.	pintor	"	32402439		
	ADRIANA MURILLO Y HON	carpintero	"	70830090		
	GOMEZ ZELADA VACK NANI	OPERARIO	"	47298755		
	Ribolaza Ruiz Mackings	soldador	"	46287840		
	Bautista Perez Eder	operario	"	76154324		
	Frios Perio Blainen	plegador	"	09900341		
	Pachao soca a Nansa	soldador	"	74955442		
	ZAPATA NOLE BRANDO	SOLDADOR	"	70043570		
	Romb Alex Ato	soldador	"	77624752		
OBSERVACIONES/COMENTARIOS DE LOS TRABAJADORES						
OBSERVACIONES/COMENTARIOS DEL SUPERVISOR O JEFE DE GRUPO						
ENCARGADO DE LA CAPACITACIÓN						
Nombre	Cargo	Fecha	Firma			
Naysha Sáenz	ASISTENTE SSMA	28/06/18				
RESPONSABLE DEL REGISTRO						
Nombre	Cargo	Fecha	Firma			
Luis FERNANDEZ	Ing. MANTENIMIENTO	28/06/18				

**Anexo n.º 9.** Fotografía de maquinaria, personales de planta e ingenieros.



**Anexo n.º 10. Plan de mantenimiento preventivo.**

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Código: PRO-001
		Página: 1 DE 6

# PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:		

	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	Código: PRO-001
		Página: 2 DE 6

Nombre del equipo: GUILLOTINA PURMA

Responsable: \_\_\_\_\_

MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:
Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	1mes		
	Realizar inspección termográfica.	12 meses		
Motor eléctrico	Realizar inspección visual.	6 meses		
	Análisis de vibraciones.	24 meses		
Sistema hidráulico	Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.	3 meses		
Sistema de control	Inspección visual	Antes de cada uso		
Cuchillo	Realizar ajuste.	Semanalmente		
Sistema de corte y sujeción hidráulica	Revisar funcionamiento.	1 mes		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha:		

	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>	<p>Código: PRO-001</p> <hr/> <p>Página: 3 DE 6</p>											
<p>Nombre del equipo: PLEGADORA SAFAN Responsable: _____</p>													
MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:									
Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	1 meses.											
	Realizar inspección termográfica.	12 meses.											
Motor eléctrico	Realizar inspección visual.	6 meses.											
	Realizar análisis de vibraciones.	24 meses.											
Sistema hidráulico	Realizar inspección visual al filtro y aceite hidráulico.	3 meses.											
Sistema de control	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso.											
Punzón y matriz inferior	Realizar ajuste.	Semanalmente.											
Sistema de doblez hidráulico	Revisar funcionamiento.	1 meses.											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; background-color: #cccccc;">Elaborado por:</td> <td style="width: 33%; background-color: #cccccc;">Revisado por:</td> <td style="width: 33%; background-color: #cccccc;">Aprobado por:</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc;">Fecha:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>					Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				Fecha:		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:											
Fecha:													

	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>	<p>Código: PRO-001</p> <hr/> <p>Página: 4 DE 6</p>																																											
<p>Nombre del equipo: MÁQUINA DE CORTE Y ÁNGULO GEKA Responsable: _____</p>																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 25%;">MECANISMO/PARTE</th> <th style="width: 25%;">ACTIVIDAD</th> <th style="width: 15%;">FRECUENCIA</th> <th style="width: 20%;">ELABORADO POR:</th> <th style="width: 15%;">FECHA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Sistema eléctrico</td> <td>Realizar inspección visual.</td> <td style="text-align: center;">1 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Realizar inspección termográfica.</td> <td style="text-align: center;">12 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Motor eléctrico</td> <td>Realizar análisis de vibraciones.</td> <td style="text-align: center;">24 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Realizar inspección visual,</td> <td style="text-align: center;">6 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de transmisión</td> <td>Realizar: Inspección visual a las correas. Inspección visual de las poleas. Alineamiento entre poleas en caso de existir vibraciones. Ajustar tensión en caso de ser necesario.</td> <td style="text-align: center;">6 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema hidráulico</td> <td>Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.</td> <td style="text-align: center;">12 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de control</td> <td>Revisar funcionamiento.</td> <td style="text-align: center;">Antes de cada uso.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sierra de corte</td> <td>Realizar inspección visual.</td> <td style="text-align: center;">1 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:	Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	1 meses.			Realizar inspección termográfica.	12 meses.			Motor eléctrico	Realizar análisis de vibraciones.	24 meses.			Realizar inspección visual,	6 meses.			Sistema de transmisión	Realizar: Inspección visual a las correas. Inspección visual de las poleas. Alineamiento entre poleas en caso de existir vibraciones. Ajustar tensión en caso de ser necesario.	6 meses.			Sistema hidráulico	Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.	12 meses.			Sistema de control	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso.			Sierra de corte	Realizar inspección visual.	1 meses.		
MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:																																									
Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	1 meses.																																											
	Realizar inspección termográfica.	12 meses.																																											
Motor eléctrico	Realizar análisis de vibraciones.	24 meses.																																											
	Realizar inspección visual,	6 meses.																																											
Sistema de transmisión	Realizar: Inspección visual a las correas. Inspección visual de las poleas. Alineamiento entre poleas en caso de existir vibraciones. Ajustar tensión en caso de ser necesario.	6 meses.																																											
Sistema hidráulico	Realizar inspección visual al filtro y al aceite hidráulico.	12 meses.																																											
Sistema de control	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso.																																											
Sierra de corte	Realizar inspección visual.	1 meses.																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="width: 33%;">Elaborado por:</td> <td style="width: 33%;">Revisado por:</td> <td style="width: 33%;">Aprobado por:</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td>Fecha:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>			Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				Fecha:																																				
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																											
Fecha:																																													

	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>	<p>Código: PRO-001</p> <hr/> <p>Página: 5 DE 6</p>																																												
<p>Nombre del equipo: TALADRO INDUSTRIAL JOHANSSON Responsable: _____</p>																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 25%;">MECANISMO/PARTE</th> <th style="width: 25%;">ACTIVIDAD</th> <th style="width: 15%;">FRECUENCIA</th> <th style="width: 20%;">ELABORADO POR:</th> <th style="width: 15%;">FECHA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistema eléctrico</td> <td>Realizar inspección visual.</td> <td>2 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Motor eléctrico</td> <td>Realizar inspección visual.</td> <td>6 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Realizar análisis de vibraciones.</td> <td>36 meses.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de trasmisión</td> <td>Realizar inspección visual al filtro y aceite hidráulico.</td> <td>12 meses</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de fijación de la mesa</td> <td>Revisar funcionamiento.</td> <td>Antes de cada uso</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de control</td> <td>Revisar funcionamiento.</td> <td>Antes de cada uso</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mandril</td> <td>Medición.</td> <td>6 meses</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nonios</td> <td>Revisión de desplazamientos.</td> <td>6 meses</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:	Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	2 meses.			Motor eléctrico	Realizar inspección visual.	6 meses.			Realizar análisis de vibraciones.	36 meses.			Sistema de trasmisión	Realizar inspección visual al filtro y aceite hidráulico.	12 meses			Sistema de fijación de la mesa	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso			Sistema de control	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso			Mandril	Medición.	6 meses			Nonios	Revisión de desplazamientos.	6 meses		
MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:																																										
Sistema eléctrico	Realizar inspección visual.	2 meses.																																												
Motor eléctrico	Realizar inspección visual.	6 meses.																																												
	Realizar análisis de vibraciones.	36 meses.																																												
Sistema de trasmisión	Realizar inspección visual al filtro y aceite hidráulico.	12 meses																																												
Sistema de fijación de la mesa	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso																																												
Sistema de control	Revisar funcionamiento.	Antes de cada uso																																												
Mandril	Medición.	6 meses																																												
Nonios	Revisión de desplazamientos.	6 meses																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td style="width: 33%;">Elaborado por:</td> <td style="width: 33%;">Revisado por:</td> <td style="width: 33%;">Aprobado por:</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td>Fecha:</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>			Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				Fecha:																																					
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																												
Fecha:																																														

	<p>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</p>	<p>Código: PRO-001</p> <hr/> <p>Página: 6 DE 6</p>		
<p>Nombre del equipo: TALADRO INDUSTRIAL JOHANSSON Responsable: _____</p>				
MECANISMO/PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	ELABORADO POR:	FECHA:
Pistola	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso		
Terminales de conexión	Realizar inspección visual.	3 meses		
Cables conductores	Realizar inspección visual.	1 mes		
Pinzas	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso		
Unidad alimentadora de alambre	Realizar inspección visual.	Antes de cada uso		
Unidad completa	Limpiar el interior con aire seco comprimido para desalojar el polvo acumulado.	6 meses		
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:		
Fecha:				

Anexo n.º 11. Constancia de implementación del mantenimiento productivo total.

**R.U.C. 20557400894**  
*Fabricación de estructuras metálicas,  
antenas y torres para telecomunicaciones,  
ejecución de obras, servicios diversos*

  
**ESMETEL PERU S.A.C.**

Viernes, 21 de diciembre de 2018.

**CONSTANCIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL**

A QUIEN CORRESPONDA:

HACE CONSTAR QUE EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN APARTIR DEL 2 DE JULIO,  
SE REALIZÓ TRABAJO DE APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO  
TOTAL EN LA EMPRESA ESMETEL PERU SAC, DISTRITO DE COMAS, LIMA - 2018;  
CUMPLIENDO EL CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES SEGÚN LO PROGRAMADO  
EN LA EMPRESA.

LA PRESENTE SE EXTIENDE A PETICIÓN DEL INTERESADO.

 ..... Janet Martínez Diestra Gerente General <b>JANET O. MARTINEZ DIESTRA</b>	 ..... Jose Huamacho <b>COORDINADOR DE PRODUCCIÓN</b>	 ..... Luis Ayala O. <b>REMITENTE</b>
---	---	---

*Calle Santa Ana Lote 62 Fundo Chacra Cerro -Comas  
Rpc 964313996 – Rpm #825905  
Telefono 7-198361*