



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Gestión de mantenimiento de oleoductos para mejorar  
la productividad en la empresa de Petróleo, Talara  
2023**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Autor**

**Viera Alburqueque Elian Josemir  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5229-5424>**

**Línea de Investigación**

**Tecnología e Innovación en Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Gestión y Sostenibilidad en las dinámicas empresariales de industrias y  
organizaciones**

**Pimentel – Perú**

**2024**

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE OLEODUCTOS PARA MEJORAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA DE PETRÓLEO, TALARA 2023**


**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, es **ELIAN JOSEMIR VIERA ALBURQUEQUE** del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE OLEODUCTOS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA DE PETRÓLEO, TALARA 2023**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

ELIAN JOSEMIR VIERA ALBURQUEQUE	DNI: 73544242	
------------------------------------	---------------	--

Pimentel, 18 de julio de 2024

# BACHILLER\_VIERA ALBURQUEQUE ELIAN.docx

BACHILLER 24-II  
My Files  
Universidad Señor de Sipán

## Detalles del documento

Identificador de la entrega  
trn:oid::26396:410054956

Fecha de entrega  
27 nov 2024, 11:54 a.m. GMT-5

Fecha de descarga  
27 nov 2024, 12:00 p.m. GMT-5

Nombre de archivo  
BACHILLER\_VIERA ALBURQUEQUE ELIAN.docx

Tamaño de archivo  
409.5 KB

63 Páginas

13,054 Palabras

70,243 Caracteres



Página 1 of 71 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::26396:410054956



Página 2 of 71 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::26396:410054956

Derechos Reservados - Copyright  
Dirección de Tecnologías de la Información  
Desarrollo de Sistemas  
teuss@uss.edu.pe

## 21% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

### Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 10% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

	<b>ACTA DE SEGUNDO CONTROL DE REVISIÓN DE SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN</b>	Código:	F3.PP2-PR.02
		Versión:	02
		Fecha:	18/04/2024
		Hoja:	1 de 1

Yo, Jorge Tomás Cumpa Vásquez, coordinador de Investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Industrial, he realizado el segundo control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de pregrado según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final del trabajo de investigación titulado: **Gestión de Mantenimiento de oleoductos para mejorar la productividad en la empresa de Petróleo, Talara 2023**, elaborado por el egresado **VIERA ALBURQUEQUE ELIAN JOSEMIR**.

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **21%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 27 de noviembre de 2024



**Mg. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**

.....**Coordinador de Investigación Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**.....

DNI N° 42867553  
 Dpto. de Desempeño - Copyright

## **Resumen**

La problemática de las paradas de producción en empresas industriales es una preocupación global. Estudios en Indonesia y España muestran que fallas y averías en la maquinaria, debidas a la falta de mantenimiento preventivo, afectan negativamente la productividad. Las causas incluyen controles insuficientes, falta de capacitación y diagnósticos incorrectos. Para resolver estos problemas, se proponen planes de mantenimiento preventivo, capacitación del personal y la implementación de herramientas informáticas. A nivel nacional en Perú, investigaciones en empresas pesqueras y agroindustriales revelan que la falta de gestión adecuada de mantenimiento lleva a bajos niveles de productividad y altos costos operativos. En Lambayeque, estudios destacan que la falta de cumplimiento de los programas de mantenimiento planificados causas paradas productivas y costos adicionales. La implementación de programas de mantenimiento preventivo es esencial para mejorar la eficiencia y reducir los costos en estas industrias.

### **Palabras Claves:**

Mantenimiento preventivo, Productividad, Fallas en maquinaria, Capacitación, Costos operativos.

## **Abstract**

The problem of production stoppages in industrial enterprises is a global concern. Studies in Indonesia and Spain show that machine failures and breakdowns due to lack of preventive maintenance negatively affect productivity. Causes include inadequate controls, lack of training and incorrect diagnoses. To solve these problems, preventive maintenance plans, staff training and the implementation of computer tools are proposed. At the national level in Peru, research in fisheries and agro-industrial companies reveals that the lack of proper maintenance management leads to low levels of productivity and high operating costs. In Lambayeque, studies highlight that failure to comply with planned maintenance programs causes productive downtime and additional costs. The implementation of preventive maintenance programs is essential to improve efficiency and reduce costs in these industries.

**Keywords:** Preventive maintenance, Productivity, Machinery failure, Training, Operating costs

## INDICE:

I. INTRODUCCIÓN .....	10
<b>Realidad Problemática .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Trabajos previos .....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Teorías relacionadas al tema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Mantenimiento Preventivo .....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1.1. Beneficios del Mantenimiento Preventivo .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3.1.2. Pasos para implementar el mantenimiento preventivo .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3.1.3. Indicadores KPI de mantenimiento .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1.4. Fallas .....</b>	<b>25</b>
<b>1.3.2. Productividad .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3.2.1 Indicadores de Medición .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4 Formulación del problema .....</b>	<b>27</b>
<b>1.5 Justificación e importancia del estudio .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6 Hipótesis .....</b>	<b>28</b>
<b>1.7 Objetivos .....</b>	<b>28</b>
<b>1.7.1 Objetivo general .....</b>	<b>28</b>
<b>1.7.2 Objetivo específicos .....</b>	<b>28</b>
II. MATERIAL Y MÉTODO .....	29
<b>2.1 Tipo y Diseño de Investigación .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Variables, Operacionalización .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección: .....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez, confiabilidad .....</b>	<b>33</b>



<b>2.5 Procedimiento de análisis de datos</b> .....	35
<b>2.6 Criterios éticos</b> .....	35
III. RESULTADOS.....	37
Discusiones: .....	67
IV. Conclusiones .....	71
V. Recomendaciones .....	72

## I. INTRODUCCIÓN

### **Realidad Problemática**

[1] Los autores de diversos países a nivel mundial han observado que la mayoría de empresas industriales presentan la problemática de paradas de producción de sus principales procesos. En un estudio realizado en una empresa de fabricación de piezas de motocicletas del país de Indonesia, se ha encontrado constantes fallas y averías en la maquinaria, causando pérdidas de productividad. Se detectaron rodamientos fragmentados en un período breve, así como un desgaste prematuro en válvulas, resistencias y acoples, entre otros inconvenientes. La degradación y fatiga prematura de las partes de la maquinaria afectaba la producción correcta de los tubos. Ante esta problemática, se propuso la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para abordar estos problemas.

[2] Por otra parte, en otra investigación se abordó los diversos problemas que causa un inadecuado programa de mantenimiento, las principales dificultades se derivan de la ausencia de controles, la formación insuficiente del personal, los mantenimientos realizados fuera de plazo y los diagnósticos inexactos realizados por los encargados. Esto resultaba en un rendimiento deficiente del departamento de producción y un incremento de los costos tanto de fabricación como de mantenimiento. Para resolver estos problemas, se sugirió la implementación de un plan Overhaul, un calendario de inspecciones y la modificación de los intervalos de mantenimiento, además de la formación adecuada del personal involucrado.

[3] En la investigación realizada se destaca que la empresa de calzado Luis Carlos en España no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, lo que causa serios inconvenientes que afectan directamente a la operación y planificación de la producción. Se identificaron problemas significativos en las máquinas debido a que la producción de calzado abarca diversas actividades, desde la obtención de materia prima hasta el ensamblado final. Estas tareas, llevadas a cabo por maquinaria que opera según la demanda del mercado, están expuestas a fallos y averías, provocando

interrupciones en la producción. La falta de un plan de mantenimiento adecuado genera riesgos de accidentes y problemas operativos. Por ello, se sugiere implementar un plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad y en el uso de herramientas informáticas para el mantenimiento eficiente de las máquinas.

[4] En otro estudio se afirmó que, la Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo aplicado en maquinaria de producción de semillas de arroz en Indonesia, en cual dicho proceso consta de un conjunto de maquinarias como entrada, transportador de cadenas elevadores, pre limpiadores, secadores, casilleros entre otros, indica que durante los últimos años han tenido muchas fallas y se encuentran en mal estado provocando la falta de producción, las actividades de producción de semillas a veces se detuvieron debido a fallas en el motor de las máquinas. También se evidenció problemas crónicos de rodillos, algunos de ellos doblados, ejes dañados, cojinetes bloqueados, sellos dañados, y ejes calentados. Es por esta razón se recomendó la implementación de un mantenimiento preventivo para mejorar la situación de la producción de semillas de arroz.

[5] A nivel nacional, en una investigación realizada en la empresa Pesquera Pacasmayo E.I.R.L – Trujillo, Perú; se encontró que actualmente existe una gestión limitada de mantenimiento, esto genera retrasos en la producción e incumplimientos de los pedidos. Una de las principales razones es que existe desconocimiento del tema por parte de los operarios y no hay un programa de capacitación al personal encargado de efectuar tales labores. El área de mantenimiento no aplica la medición de indicadores KPI para medir la eficiencia y eficacia de la maquinaria, sólo prestan atención a sus fallas cuando estas se han presentado. Todas las razones expuestas repercuten en una baja productividad empresarial y en no cumplir con los pedidos de los clientes en el momento acordado.

[6] En Lima, se realizó un estudio del modelo de gestión TMP para disminuir las averías de una máquina pesquera de calamar gigante peruano. El estudio abordó la

problemática del tiempo de inactividad de la planta, el cual representa hasta el 26% del tiempo total disponible, lo que se traduce en pérdidas de hasta 1760 toneladas al año, además del aumento de costos, el cual se elevó hasta en 26%, mientras que la disponibilidad y producción de las máquinas de la maquinaria se redujo en 33%, trayendo consigo baja productividad, aumento de costos, uso de recursos materiales y pérdida de competitividad en el mercado.

[7] En otra investigación, se observó que la empresa solo seguía un enfoque de mantenimiento correctivo, con interrupciones de producción no programadas. Al aplicar este tipo de mantenimiento presentaron fallas equivalentes hasta en más de 400 horas de producción, los cuáles causaron una gran pérdida de rentabilidad para la empresa. Lo que trae como consecuencia, baja productividad e incremento de los costos de operación. Por otra parte, otro problema que se evidencia, es la falta de conocimiento disponible relacionado con la implementación exitosa del MP, es decir, falta de capacitación y de especialistas en el tema. Esto se ha convertido en un problema relevante, pues es la principal causa de la aparición de muchas barreras que impiden a las empresas aplicar esta herramienta para aumentar su productividad.

[8] En Lambayeque se realizó una investigación que tuvo como objetivo general efectuar una propuesta de programa de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de la planta 1 de la empresa Gandules Inc. SAC en Jayanca, Lambayeque. La problemática en esta empresa es la falta de cumplimiento de MP, la empresa cuenta con programas de inspección y lubricación de maquinaria, pero no se cumple con las fechas establecidas. Los equipos con peores averías son: la máquina cortadora y el horno de soasado. Por lo cual, se propuso la ejecución de un programa de MP para incrementar la productividad y ahorrar costos por paros improductivos.

[9] En otra investigación realizada en el área de extracción de jugo en la Agroindustria Pomalca SAA. Se observó la problemática de paradas de producción debido a varías en la maquinaria, trayendo consigo una pérdida de 30,27 horas y una

frecuencia de 39 eventos durante solo un mes de producción. La productividad de la empresa disminuyó en 14% y el aumento de los costos de fabricación se incrementó en 22%. Debido a esto, el MP se aplicó para disminuir el tiempo de paradas y aumentar la producción de las toneladas de caña de azúcar.

[10] En una empresa molinera de Chiclayo, se identificó que la empresa solo aplicaba un plan de mantenimiento correctivo en la máquina pulidora, descascaradora y selectora, siendo la descascaradora la que presentó desgaste de rodillos, de faja, rotura de perno de la prota rodillo y atoramiento en el distribuidor. El número de fallas de esta máquina ascendió a 85 eventos, representando un costo total de \$ 3, 330.00. Mientras que el indicador de OEE fue de 83%, porcentaje muy bajo del ideal que se sitúa en 95%. Debido a esto se propuso un plan de MP, en el cual se utilicen análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y se utilicen técnicas preventivas de mantenimiento.

## **1.2 Trabajos previos**

Los trabajos existentes previos muestran que, en la manufactura, es donde existe una mayor incidencia de errores o fallas, por causa que diferentes equipos trabajan entre sí y sus estados de funcionamiento tienen diferentes grados de influencia en la confiabilidad o el rendimiento del sistema, lo que complica mucho el mantenimiento [11]. Los métodos existentes de MP incluyen principalmente mantenimiento agrupado, mantenimiento oportunista y mantenimiento integrado en la programación de producción. El mantenimiento de agrupación se refiere al mantenimiento de equipos en grupos según el tiempo de funcionamiento o la situación de falla, enfocándose en cómo determinar las condiciones de agrupación y las estrategias de mantenimiento de todos los grupos de equipos. Por ejemplo, [12] propuso un método de optimización de la estrategia de mantenimiento de agrupación (teniendo en cuenta los costos) mediante la introducción de la vida restante promedio y la importancia estructural del sistema multicomponente, lo que reduce efectivamente los costos de mantenimiento. [4] estudió

la estrategia de mantenimiento de una línea de producción de cigüeñales para automóviles basándose en la evaluación de importancia. Con base en la premisa de garantizar la confiabilidad, el autor llevó a cabo el mantenimiento preventivo sincrónico de equipos importantes con el menor tiempo de inactividad total y optimizó el ciclo de mantenimiento. Nugrarha et al. presentó un método de optimización de agrupación de mantenimiento, en el que los intervalos de mantenimiento de los componentes y los beneficios de costos se optimizaron considerando la dependencia de costos entre componentes [13]. En una estrategia de mantenimiento oportunista, los equipos que cumplen con el umbral establecido se determinan y mantienen considerando las relaciones entre los equipos. Por ejemplo, Denhavi et al. propuso un modelo de mantenimiento oportunista preventivo de unión de múltiples componentes basado en el margen de confiabilidad para garantizar la confiabilidad de la turbina eólica [14].

Por otra parte, los trabajos previos muestran que los sistemas de fabricación, la operación de producción disminuye la confiabilidad del sistema y aumenta los requisitos de mantenimiento del sistema, pero el mantenimiento inevitablemente consume el tiempo de producción y cambia el plan de producción original [15]. Por ejemplo, Fitouhi et al. propuso una estrategia de mantenimiento preventivo aperiódico para sistemas polimórficos combinando los planes de producción y mantenimiento, que reducen los costos de funcionamiento del sistema, incluidos los costos de mantenimiento y los costos de producción [16]. Y estableció un modelo de mantenimiento preventivo de un sistema de fabricación basado en la tasa de costo de mantenimiento esperado con fallas históricas como entrada, considerando el impacto de operar la carga en la tasa de falla del equipo del sistema

Algunos investigadores se centraron en abordar el problema de mantenimiento de un sistema de fabricación/producción poco fiable. Por ejemplo, Ait et al. propuso una política de mantenimiento preventivo basada en la edad combinada con una estrategia de producción para un sistema de fabricación imperfecto y poco confiable y configuraciones de control optimizadas basadas en costos mínimos [17]. Se ha

propuesto políticas conjuntas de control de producción, inspección y mantenimiento para un sistema de producción poco confiable, considerando la influencia del proceso de deterioro en la confiabilidad y la calidad del producto. En los últimos años, a excepción de la confiabilidad de los equipos, en cuestiones de mantenimiento se ha tenido en cuenta la confiabilidad humana, que son factores clave para la confiabilidad del sistema.

Por ejemplo, Drewniaw et al. propuso un modelo de mantenimiento preventivo para sistemas multiobjetivo y multiestado considerando la confiabilidad humana [3]. La calidad de la producción y las ganancias se consideraron en algunos estudios de investigación.

Por otra parte, los trabajos previos ponen gran énfasis en la educación de los operadores de máquinas para mejorar su conocimiento de la tecnología con la que están trabajando. Gracias a la formación realizada por el personal de mantenimiento y el departamento de ingeniería, adquieren la competencia para realizar operaciones básicas de mantenimiento, lo que permite mantener los equipos en el nivel óptimo de rendimiento. El estado técnico de las máquinas y equipos tiene un impacto significativo en los resultados de producción y es un aspecto clave en la gestión de la calidad. Las máquinas requieren intervención humana, manteniendo la limpieza y mejorando la eficiencia de las operaciones. Estas condiciones pueden garantizarse fomentando entre los operadores de maquinaria un sentido de responsabilidad por el equipo y el lugar de trabajo [14].

### **1.3 Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Mantenimiento Preventivo**

Es el mantenimiento regular y programado de equipos y sistemas para evitar su falla. Es un enfoque proactivo del mantenimiento que tiene como objetivo identificar y abordar problemas potenciales antes de que causen interrupciones o fallas [18].

El mantenimiento preventivo es un método de mantenimiento ampliamente utilizado y más flexible que el mantenimiento correctivo, especialmente frente a equipos de

producción cada vez más complejos, sofisticados e integrados. En comparación con otros métodos de mantenimiento, el mantenimiento preventivo ofrece muchas ventajas, como un mayor tiempo de actividad del equipo, menores gastos de mantenimiento y mayor seguridad. La alta confiabilidad y seguridad son esenciales para mantener la eficiencia de la producción, la rentabilidad y la sostenibilidad empresarial a largo plazo [19].

#### **1.3.1.1. Beneficios del Mantenimiento Preventivo**

Algunos de los beneficios clave incluyen:

- **Reducción del tiempo de inactividad:** el mantenimiento preventivo puede ayudar a reducir el tiempo de inactividad al prevenir fallas en los equipos. Esto puede conducir a una mayor productividad y rentabilidad.
- **Vida útil prolongada del equipo:** la aplicación de este tipo de mantenimiento incide en extender la vida útil del equipo al reducir el desgaste. Esto puede ahorrar dinero a las empresas en costos de reemplazo [20].
- **Rendimiento mejorado:** garantiza que el equipo esté funcionando con su máxima eficiencia. Esto puede conducir a una mayor productividad y calidad.
- **Riesgo reducido de accidentes y lesiones:** el mantenimiento preventivo puede ayudar a reducir el riesgo de accidentes y lesiones al identificar y abordar problemas potenciales antes de que causen fallas. Esto puede ayudar a proteger tanto a los empleados como a los clientes.
- **Costos de mantenimiento reducidos:** los costos de mantenimiento a largo plazo se reducen ya que el MP evita reparaciones y reemplazos importantes. Esto se debe a que el mantenimiento preventivo ayuda a identificar y abordar los



problemas desde el principio, antes de que se vuelvan más graves y los costos para solucionarlo sean más elevados [21].

- **Mayor satisfacción del cliente:** mejora la satisfacción del cliente al reducir el tiempo de inactividad y garantizar que el equipo funcione correctamente. Esto se debe a que es más probable que los clientes estén satisfechos con una empresa que pueda proporcionarles los productos y servicios que necesitan de manera oportuna y eficiente.

### **1.3.1.2. Pasos para implementar el mantenimiento preventivo**

#### **a. Primero: Identificar activos críticos**

El primer paso es identificar los activos que son más críticos para la ejecución de las operaciones de la empresa. Estos son los activos que causarían la mayor perturbación o pérdida financiera si fracasaran [22]. Esto se puede hacer considerando los siguientes factores:

- La función del activo y su importancia para el proceso.
- El costo de reemplazar o reparar el activo.
- El impacto de una falla en el medio ambiente y la seguridad
- Los requisitos reglamentarios para el mantenimiento del activo.

#### **Análisis de criticidad de equipos para mantenimiento predictivo**

Para evaluar la criticidad de las máquinas hay que tener en cuenta dos factores muy importantes: la frecuencia de las fallas y la consecuencia del suceso. Los criterios son los siguiente: Seguridad, Calidad, Operaciones y Mantenimiento.

#### **Figura 1. Matriz de criticidad**

CRITERIOS PARA DETERMINAR CRITICIDAD	CUANTF.
<b>Frecuencias de Falla</b>	
Mayor a 4 fallas/año	4
2-4 fallas/año	3
1-2 fallas/año	2
Mínimo de 1 falla/año	1
<b>Impacto Operacional</b>	
Parada inmediata de toda la empresa	10
Parada de toda la planta (recuperable en otras plantas)	6
Impacto a niveles de producción o calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1
<b>Flexibilidad Operacional</b>	
No existe opción de producción y no hay forma de recuperarlo	4
Hay opción de repuesto compartido	2
Función de repuesto disponible	1
<b>Costos de Mantenimiento</b>	
Mayor o igual a \$20.000	2
Menor o inferior a \$20.000	1
<b>Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana</b>	
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna	8
Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles	6
Afecta las instalaciones causando daños severos	4
Provoca daños menores (accidentes o incidentes)	2
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas	1
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente	0

Fuente: [11]

Para realizar el análisis de criticidad se utilizará las siguientes fórmulas

$$\text{Criticidad total} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

La frecuencia de las fallas se asigna de manera lógica con respecto a la cantidad de veces que ocurran las fallas. Para hallar el valor de consecuencias de las fallas se aplicará la siguiente fórmula

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto Operacional} * \text{Flexibilidad}) + \text{Costo de Mtto} + \text{Impacto SAH}$$

### Crterios

- **Impacto Operacional:** Determina las acciones de respuesta de la producción frente a la ocurrencia de una falla.
- **Flexibilidad Operacional:** Se refiere a la capacidad de recuperar las pérdidas con los componentes stand by.
- **Costo de Mantenimiento:** Cantidad de costos totales que se necesitan para reparar una falla, ya sea de los repuestos y daños al personal.
- **Impacto en la Seguridad Ambiental y Humana:** Se refiere a las consecuencias de la falla en el medio ambiente y en la seguridad de los trabajadores.

**Figura 2. Matriz de Criticidad**

F R E C U E N C I A	4	SC	C	C	MC	MC
	3	SC	SC	C	MC	MC
	2	NC	NC	SC	C	C
	1	NC	NC	SC	SC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIAS				

Leyenda:  
MC: Muy Crítico  
C: Crítico  
SC: Semi-Crítico  
NC: No Crítico  
Valor Máximo: 200

Fuente: [11]

### b. Segundo: Evaluar el riesgo

Una vez que se han identificado los activos críticos, las empresas deben evaluar el riesgo de falla de cada activo. Esto incluye considerar los siguientes factores:

- La edad y condición del activo.
- El entorno operativo (p. ej., temperatura, humedad, vibración)
- El historial de fallas del activo.
- Las recomendaciones del fabricante para el mantenimiento.

### Análisis de Modo y Efectos de Fallas

- **Función:** Se describen las especificaciones, características y expectativas de desempeño.
- **Modo de Fallo:** Manera en que la máquina deja de funcionar anormalmente, relativo a cada función de cada elemento.
- **Efecto de Falla:** Breve descripción de lo que pasa al ocurrirse la falla.
- **Severidad:** Estimación subjetiva del efecto de falla, se evalúa del 1 al 10.

**Tabla 1. Valorización de la Severidad**

<b>Efecto</b>	<b>Efecto de Severidad</b>	<b>Valor</b>
Peligroso sin alerta	Efecto muy alto que afecta la operación del sistema sin alerta	10
Peligroso con alerta	Efecto muy alto que afecta la operación del sistema con alerta	9
Muy alto	Impacto significativo en la confiabilidad del proceso	8
Alto	Sistema inoperable con equipo dañado	7
Moderado	Sistema inoperable con daños menores	6
Bajo	Sistema inoperable sin daños	5
Muy bajo	Sistema operable con degradación significativa del rendimiento	4
Menor	Sistema operable con degradación del rendimiento	3
Muy menor	Sistema operable con mínima interferencia	2
Ninguno	No hay efectos	1

**Fuente: Elaboración Propia**

**Ocurrencia:** Estimación subjetiva de la causa real o potencial, evaluada del 1 al 10 según la probabilidad de ocurrencia de cada falla.

**Tabla 2. Valorización de la Ocurrencia**

<b>Características</b>	<b>Probabilidad de Fallo</b>	<b>Valor</b>
Muy alta: Problemas casi inevitables	>1 en 2	10
	1 en 3	9
Alta: Fallos repetitivos	Identificar Modos de Problema e impacto	8
Moderadas: Problemas ocasionales	1 en 20	7
	1 en 80	6
	1 en 400	5
	1 en 2000	4
Baja: Pocas Problemas relativamente	1 en 15000	3
	1 en 150000	2
Remota: Problema inverosímil	<1 en 1500000	1

**Fuente: Elaboración Propia**

- **Detección:** Estimación subjetiva del diseño de control, evaluada del 1 al 10 según la probabilidad de detectar la falla.

**Tabla 3. Valorización de la Detección**

<b>Detección</b>	<b>Probabilidad de la Detección</b>	<b>Valor</b>
Absoluta incertidumbre	El control del diseño no puede detectar una causa potencial/mecanismo y modo de fallo subsecuente	10
Muy remota	Muy remota la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	9
Remota	Identificar modos de Problema potenciales y su impacto en la confiabilidad del proceso o actividad	8
Muy baja	Muy baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	7
Baja	Baja la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	6
Moderada	Moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	5
Muy moderada	Muy moderada la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	4
Alta	Alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	3
Muy alta	Muy alta la probabilidad del control de diseño para detectar causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	2
Casi seguro	Control de diseño detectará causas potenciales/mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1

**Fuente: Elaboración Propia**

**NPR (Número de Prioridad de Riesgos):** Es el producto de *Severidad \* Ocurrencia \* Detección*. Prioriza las acciones a tomar, teniendo en cuenta que,  $> NPR \text{ tenga la máquina analizada} = \text{la prioridad deberá ser } >$ , por ende, se le destinará un tiempo menor en relación con la frecuencia de inspecciones técnicas. Para adquirir resultados buenos en cualquier diagnóstico o evaluación de la situación de mantenimiento, se precisa una gestión de mantenimiento apropiada.

**c. Tercero: Desarrollar un programa de MP**

Basándose en la evaluación de riesgos, las empresas pueden desarrollar un programa de mantenimiento para cada activo crítico. Este cronograma debe incluir lo siguiente:

- Las tareas que deben realizarse
- La frecuencia de las tareas.
- La persona o equipo responsable de realizar las tareas.
- Los recursos necesarios para realizar las tareas.

**d. Cuarto: Implementar el programa de mantenimiento:**

Una vez desarrollado el programa de mantenimiento, es importante implementarlo de manera consistente. Esto significa realizar las tareas programadas a tiempo y con el estándar correcto [23]. También es importante documentar las actividades de mantenimiento que se realizan.

**e. Quinto: Seguimiento y revisión del programa de mantenimiento**

Es importante realizar un seguimiento y revisión del programa de mantenimiento de forma regular. Esto ayudará a identificar cualquier área donde se pueda mejorar el programa. Por ejemplo, es posible que las empresas necesiten ajustar el programa de mantenimiento en función de los cambios en el entorno operativo o la condición del activo.

### 1.3.1.3. Indicadores KPI de mantenimiento

Los KPI (Indicadores Clave de Desempeño) en mantenimiento se utilizan para supervisar la eficacia de un programa de mantenimiento. Estos indicadores pueden medir diversos aspectos como el tiempo de inactividad de los equipos, la confiabilidad de los activos y los costos asociados al mantenimiento. Al seguir estos indicadores, los gerentes pueden identificar áreas que requieren mejoras en el programa. Por ejemplo, una disminución en el MTBF o en la disponibilidad de un equipo puede indicar que el programa de mantenimiento no es adecuado. En tales casos, el supervisor o jefe de mantenimiento podría necesitar aumentar la frecuencia del mantenimiento preventivo o implementar ajustes específicos que más le convenga a la empresa, de acuerdo a sus necesidades...

**a. Tiempo medio entre fallas (MTBF):** Representa el tiempo promedio entre las fallas de un equipo. Es un indicador de la confiabilidad del equipo, calculado dividiendo el total de horas de operación del equipo por el número total de fallas ocurridas.

$$MTBF = \frac{\textit{Tiempo total disponible} - \textit{Tiempo de inactividad}}{\textit{Número de paradas}}$$

**b. Tiempo medio de reparación (MTTR):** Representa el promedio de tiempo que se requiere para reparar un equipo después de una falla. Es un indicador de la eficiencia del programa de mantenimiento. Se obtiene dividiendo el total de horas durante las cuales el equipo ha estado fuera de servicio debido a reparaciones entre la cantidad total de reparaciones efectuadas.

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

**c. Disponibilidad:**

La disponibilidad es una métrica importante para el mantenimiento preventivo porque mide la eficacia con la que el programa de mantenimiento previene fallas

en los equipos. Una alta tasa de disponibilidad indica que el programa de mantenimiento preventivo es efectivo y que el equipo está disponible cuando sea necesario.

Es una medida que indica la proporción de tiempo en que un equipo está operativo y listo para ser utilizado. Se calcula como el porcentaje de tiempo durante el cual un activo está disponible comparado con el tiempo total en que se espera que esté operativo.

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100\%$$

#### **d. Confiabilidad:**

La confiabilidad en el mantenimiento preventivo es la capacidad para prevenir fallas en los equipos y extender la vida útil de los activos. Es un aspecto crítico de la planificación y ejecución del mantenimiento, ya que ayuda a garantizar que el equipo esté disponible cuando sea necesario y que funcione de manera segura y eficiente [11]. Hay una serie de factores que contribuyen a la confiabilidad en el mantenimiento preventivo, que incluyen:

- **La exhaustividad del programa de MP:** El programa debe incluir todas las tareas necesarias, como lubricación, cambios de aceite y reemplazo de filtros, que deben realizarse en los intervalos apropiados.
- **La calidad de las tareas de MP:** Las tareas de mantenimiento preventivo deben realizarse correctamente y según las especificaciones del fabricante.
- **El uso de técnicas de mantenimiento:** Las técnicas de MP se pueden utilizar para identificar problemas potenciales antes de que causen fallas en el equipo.



- **La disponibilidad de repuestos:** Tener un suministro confiable de repuestos es esencial para restablecer el funcionamiento del equipo rápidamente en caso de falla.
- **Las habilidades y conocimientos de mantenimiento:** El personal de mantenimiento debe tener las habilidades y conocimientos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento preventivo de forma eficaz.

Se calcula dividiendo el MTBF por el tiempo total de funcionamiento

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Horas de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}}$$

#### 1.3.1.4. Fallas

Las fallas y mal funcionamiento en el mantenimiento son eventos que impiden que un sistema o equipo realice su función prevista. Son causados por:

- **Falla del equipo:** Esto ocurre cuando una máquina o dispositivo se estropea y deja de funcionar. Las fallas del equipo pueden deberse a una variedad de factores, como desgaste, defectos de fabricación o uso inadecuado [18].
- **Error humano:** Se produce cuando una persona comete un error que le lleva al fracaso. El error humano puede deberse a diversos factores, como la fatiga, la falta de formación o el descuido.
- **Fallo del proceso:** esto ocurre cuando un proceso no funciona según lo previsto. Las fallas del proceso pueden ser causadas por un diseño deficiente, controles inadecuados o entradas inesperadas.
- **Fallo del sistema:** esto ocurre cuando un sistema, como una red informática o un sistema de transporte, experimenta una interrupción generalizada. La falla del

sistema puede deberse a una variedad de factores, como desastres naturales, ataques cibernéticos o errores humanos.

Las fallas y mal funcionamiento en el mantenimiento pueden tener un impacto significativo en las empresas y organizaciones. Pueden provocar pérdidas de ingresos, pérdidas de productividad, daños a la reputación e incluso riesgos para la seguridad.

### **1.3.2. Productividad**

Es una medida de la eficiencia con la que una empresa utiliza sus recursos para producir bienes o servicios. Se calcula dividiendo la producción total de una empresa por la entrada total de recursos. Cuanto mayor sea la producción en relación con los insumos, más productiva será la empresa [14].

La productividad empresarial es importante porque puede tener un impacto significativo en los resultados. Una empresa más productiva tiene más probabilidades de ser rentable y competitiva en el mercado. Además, puede ofrecer a sus clientes mejores productos y servicios a precios más bajos, lo cual asegura la lealtad de estos, la productividad puede ser medida de diversas maneras, teniendo en cuenta factores como mano de obra, materia prima, entre otros.

En lo que respecta al MP, mejorar la productividad aseguran que las empresas puedan reducir costos, mejorar la eficiencia y extender la vida útil de sus activos. Se puede medir de varias maneras, como la cantidad de tareas de MP completadas, la cantidad de tiempo de inactividad del equipo o los ahorros de costos logrados. La entrada total de recursos se puede medir de varias maneras, como la cantidad de personal de mantenimiento, el costo de las piezas de repuesto y la cantidad de tiempo dedicado al MP.

#### **1.3.2.1 Indicadores de Medición**

Los indicadores de medición de la productividad son métricas que se utilizan para rastrear y medir la eficiencia y eficacia de una empresa u organización. Se pueden utilizar para

identificar áreas donde es necesario mejorar, realizar un seguimiento del progreso a lo largo del tiempo y comparar el desempeño con los puntos de referencia.

Por ejemplo, una empresa puede realizar un seguimiento de su producción por hora a lo largo del tiempo para ver si está mejorando su eficiencia. Esto puede conducir a una mayor rentabilidad, una mayor satisfacción del cliente y otros beneficios [19]. La fórmula general es:

$$Productividad = Eficacia \times Eficiencia$$

#### **a. Eficacia**

Según, la medición de este elemento corresponde a todo lo que una persona puede llegar a conseguir dentro de un grupo, claro está con referencia a las metas de la organización y se determina mediante la relación de las unidades producidas y las unidades programadas.

$$Eficacia = \frac{Unidades\ Producidas}{Unidades\ programadas}$$

#### **b. Eficiencia:**

Es la relación de las horas de máquina real sobre las horas de máquina programada.

$$= \frac{Horas\ de\ máquina\ Real}{Horas\ de\ máquina\ Programada}$$

### **1.4 Formulación del problema**

¿De qué manera permitirá mejorar la productividad, la gestión de mantenimiento de oleoductos en la empresa de petróleo, Talara 2023?

### **1.5 Justificación e importancia del estudio**

Contar con una buena gestión de mantenimiento de ductos es muy esencial para tener

una reducción de costos de mantenimientos y mantener la productividad en constante crecimiento, desde el punto de vista productivo. Es de vital importancia para las empresas de petróleo ya que para el buen funcionamiento de bombas o maquinarias que se encargan de transportar petróleo, los ductos deben estar en buenas condiciones, para evitar los derrames de petróleo, desde el punto de vista ambiental, actualmente las leyes exigen evitar los derrames, para evadir los impactos negativos en el ecosistema. La perspectiva de este trabajo, se abordará metodologías, teorías y un mejor desarrollo de investigación que sea de mucho aporte o puedan tomarlo de referencia para trabajos futuros, ya sea en el ámbito de la gestión de mantenimiento de petróleo.

## **1.6 Hipótesis**

La de gestión de mantenimiento de oleoductos en la empresa de petróleo, permitirá mejorar la productividad.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

Diseñar una gestión de mantenimiento de oleoductos para mejorar la productividad en la empresa de petróleo, Talara 2023

### **1.7.2 Objetivo específicos**

- Diagnosticar el estado actual de la Gestión de Mantenimiento.
- Calcular los indicadores de mantenimiento y productividad antes de la propuesta.
- Diseñar la Gestión de Mantenimiento en la empresa
- Calcular los indicadores de mantenimiento y productividad después de la propuesta.
- Realizar la comparación e los indicadores para determinar la mejora.
- Calcular el beneficio/costo de la propuesta.

## **II. MATERIAL Y MÉTODO**

### **2.1 Tipo y Diseño de Investigación**

#### **Tipo de Investigación**

La investigación es cuantitativa porque utiliza datos cuantificables y análisis estadístico para explicar los fenómenos que se estudian mediante una realidad objetiva enfocada en data numérica y hechos reales [25]. El análisis es deductivo, lo que significa que el estudio comienza con teorías generales hasta llegar a ideas particulares, para lo cual utiliza la recopilación y el análisis de datos para probar las teorías.

La investigación es aplicada porque utiliza teorías generales para resolver un problema específico. El estudio utilizará una variedad de conocimientos, incluido el número de fallas de los equipos, disponibilidad, indicadores de productividad, entre otros; para medir el impacto de la solución propuesta en la productividad laboral.

Es descriptiva, porque proporciona una descripción detallada del estado actual del nivel de productividad de la empresa, incluyendo las variables de estudio y la correlación que existe entre ellas.

#### **Diseño de Investigación**

El diseño es cuasi-experimental, porque implica manipular una variable de estudio (la variable independiente) y medir el efecto sobre otra variable (la variable dependiente).

### **2.2 Variables, Operacionalización**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES/ FÓRMULA	ÍTEMS	INSTRUMENTO	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Gestión del Mantenimiento	Conjunto de técnicas para conservar maquinarias, equipos e instrumentación industrial y todo activo en servicio, durante el mayor tiempo y	El mantenimiento preventivo se realiza después de hacer un seguimiento a variables (temperatura, presión, cantidad de partículas presentes en	Confiabilidad	$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{Horas de funcionamiento}}{\text{Número de fallas}}$	1 y 2	Guía de Observaciones Guía de entrevista	(fallo, causa de fallo, Inicio de fallo)   (SI)	Numérica	Razón
			Disponibilidad	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Operativo}}{\text{Tiempo Total Planificado}} \times 100$	3,4,5				
			MTBF	$\text{MTBF} = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inicio}}{\text{Número de paradas}}$	6,7,8				

	rendimiento posible, con el fin de cumplir todas las metas trazadas [26].	aceite usado, ruido, vibración, viscosidad del aceite, ultrasonido, etc.) en los equipos, pronosticando fallas y realizar el mantenimiento antes de que se presente una parada no programada	MTTR	$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$	7,8		(No (Observaciones))		
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	La productividad permite conocer la cantidad de	Es la relación que existe entre las salidas de un	Eficiencia	$= \frac{\text{Horas de máquina Real}}{\text{Horas de máquina Programada}}$	1,2,3	Guía de análisis		Numérica	Razón

Productividad	<p>o proceso y los recursos usados. El objetivo es generar mayor cantidad de salidas con el menor uso de los recursos.</p> <p>productos que produce una empresa con varios insumos utilizados. Se determina relacionando los productos obtenidos y los recursos utilizados.</p>	Eficacia	$= \frac{\text{Barriles producidos}}{\text{Barriles Programados}}$	6,7,8	documental	(horas hombre, horas maquinas, toneladas producidas)	
		Productividad	$= \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia}$	9,10			



## **2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección:**

### **Población**

De acuerdo a Arispe, Yangali & Guerrero [27], una población es el grupo completo de individuos u objetos que un investigador está interesado en estudiar, los cuales tienen características en común.

La población de esta investigación está conformada por más de 70 ductos junto con 50 bombas que transportan el petróleo, esto es lo que opera la empresa estudiada.

### **Muestra**

Según Zaldívar & Martínez [28], una muestra es un subgrupo de la población que se elige para ser estudiada. El muestreo de esta investigación fue no probabilístico, este tipo de muestreo implica seleccionar muestras que sean fácilmente accesibles para el investigador. Esta muestra ha sido elegida a conveniencia y está formada por 7 bombas y 4 ductos, las cuales presentan averías y desgaste.

### **Criterios de selección**

Representatividad: La muestra tiene las mismas características que la población en términos de variables importantes y necesarias para la investigación.

Adecuación: El tamaño de muestra requerido es suficientemente aceptable para proporcionar estadística confiable [27].

Viabilidad: Es factible seleccionar y recopilar datos de la muestra. Esto significa que la muestra es accesible para el investigador y se tienen los recursos para recopilar datos de la muestra.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez, confiabilidad**

### **Técnicas**

#### **a. Observación**

Se refiere a la acción de observar y registrar acciones, actividades y eventos. El propósito es recopilar información de primera mano sobre personas, objetos o fenómenos en su entorno natural [29]. En este estudio se usará la observación como

técnica para analizar el funcionamiento de la maquinaria y determinar la efectividad de sus funciones.

b. Entrevista

La entrevista es una técnica en la cual se lleva a cabo conversaciones estructuradas utilizando una lista o bosquejo de preguntas, que se realiza a un individuo o grupo de personas para recopilar información de sus experiencias, opiniones y perspectivas de la temática de estudio.

c. Análisis Documental

Se refiere al acto de analizar documentos escritos, como artículos de investigación, libros, registros, entre otros, con el fin de extraer información y conocimientos relevantes [30]. Para el presente estudio, se utilizó esta técnica al extraer información de fuentes confiables existentes en bases de datos de la universidad Señor de Sipán y data de registros de la empresa.

### **Instrumentos**

a. Guía de observación

Es una herramienta estructurada en ítems que se utiliza para guiar a los investigadores durante las sesiones de observación, asegurando la recopilación de datos y la coherencia entre las observaciones. Garantiza un enfoque sistemático y objetivo para la recopilación de información y facilita el registro preciso de comportamientos o eventos relevantes.

b. Guía de entrevista

Contiene una lista estructurada de preguntas abiertas y cerradas, que se utiliza para guiar las entrevistas, asegurando una recopilación de datos consistente del tema de investigación.

c. Ficha de análisis de datos

Es una herramienta estructurada que se utiliza para organizar y analizar los datos recopilados, incluye gráficos y esquemas para organizar datos cualitativos y cuantitativos.

### **Validez**

La validez implica que los instrumentos de investigación están hechos para medir las variables de estudio establecidas previamente [31]. Para lograr esto, los instrumentos de recolección de datos deben ser precisos y adecuados. Debido a lo expuesto, se han validado los instrumentos de investigación por especialistas en el tema, los cuáles

analizaron y probaron tales instrumentos para determinar que no existan errores que provoquen cambios en los resultados de la investigación.

### **Confiabilidad**

La confiabilidad es el grado en que una prueba o procedimiento en el que se use un instrumento de investigación, produce en cualquier circunstancia resultados semejantes en condiciones comunes y constantes. Es decir, los instrumentos deben medir con veracidad el fenómeno de estudio hallando resultados semejantes en cada ocasión que sea utilizado.

### **2.5 Procedimiento de análisis de datos**

El paso inicial consiste en diagnosticar el estado actual de la empresa para identificar posibles problemas o puntos críticos. A continuación, se recopilan datos e información mediante herramientas como guías de observación, entrevistas y hojas de análisis de datos. Luego, esta información se procesa y analiza mediante softwares como SPSS y Excel, para evaluar el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente en la unidad de estudio correspondiente. Finalmente, los hallazgos se presentan mediante gráficos y tablas y se realiza un análisis costo-beneficio para evaluar los beneficios potenciales de las mejoras propuestas.

### **2.6 Criterios éticos**

#### **Confidencialidad**

La confidencialidad es una consideración ética crucial en la investigación científica. Permite proteger la privacidad de los autores y personas involucradas [32]. El investigador sólo revela información de los participantes cuando es necesario y con la justificación adecuada.

#### **Veracidad**

El investigador expone los hallazgos encontrados de manera precisa y honesta, evitando la manipulación o falsificación de información, además siempre se corrigen los errores cuando se han descubierto en cumplimiento de este aspecto ético.

#### **Objetividad**

En este aspecto, el investigador se enfoca en presentar sus hallazgos evitando los prejuicios o intereses personales. Mantiene un tono neutral, reconoce las limitaciones

del estudio y evita conclusiones apresuradas.

### **Originalidad**

La investigación es una contribución genuina al conjunto de conocimientos existentes del tema de estudio, se ha evitado el plagio o repetir trabajos de otros investigadores [32]. Al utilizar información o data previa se ha citado y referenciado en normas IEEE.

### **Transparencia**

El investigador es transparente sobre sus métodos, análisis de datos y fuentes utilizadas en este estudio, lo que incluye proporcionar descripciones detalladas de tales factores, hacer que la información sea accesible y revelar posibles conflictos de intereses.

### III. RESULTADOS

#### Tabla de Entrevista

**Tabla 1.**  
*Resumen del instrumento 1*

PREGUNTAS	RESPUESTAS		OBSERVACIONES
	SI	NO	
¿Se implementan programas de mantenimiento preventivo para evitar fallas inesperadas?			
¿Existe una supervisión continua a través de tecnologías para monitorear el estado y desempeño de las máquinas?			
¿Se utilizan herramientas de análisis predictivo para identificar posibles problemas antes de que ocurran?			
¿Presentan Fallas o averías os ductos por donde se transporta el petróleo?			
¿La línea de transporte suele presentar paradas de producción por causa de las averías?			
¿El tiempo de paro de producción es muy largo?			
¿Actualmente la empresa ha sufrido gran cantidad de derrames de petróleo?			
¿La línea por donde pasa el petróleo cuenta con alarmas o sensores que detecten posibles averías?			
¿Se realiza un mantenimiento constante tanto en máquinas y oleoductos en la empresa?			
¿Se puede realizar la implementación de ductos On-shore HDPE para reducir los costos de mantenimiento y tener una mejor producción?			

**Fuente: Elaboración propia**

Respuestas:

Pregunta 1

Sí, contamos con un programa robusto de mantenimiento preventivo que se sigue de manera rigurosa para minimizar el riesgo de fallas inesperadas. Este programa incluye inspecciones regulares, limpieza y sustitución de piezas críticas según el calendario establecido.

Respuesta

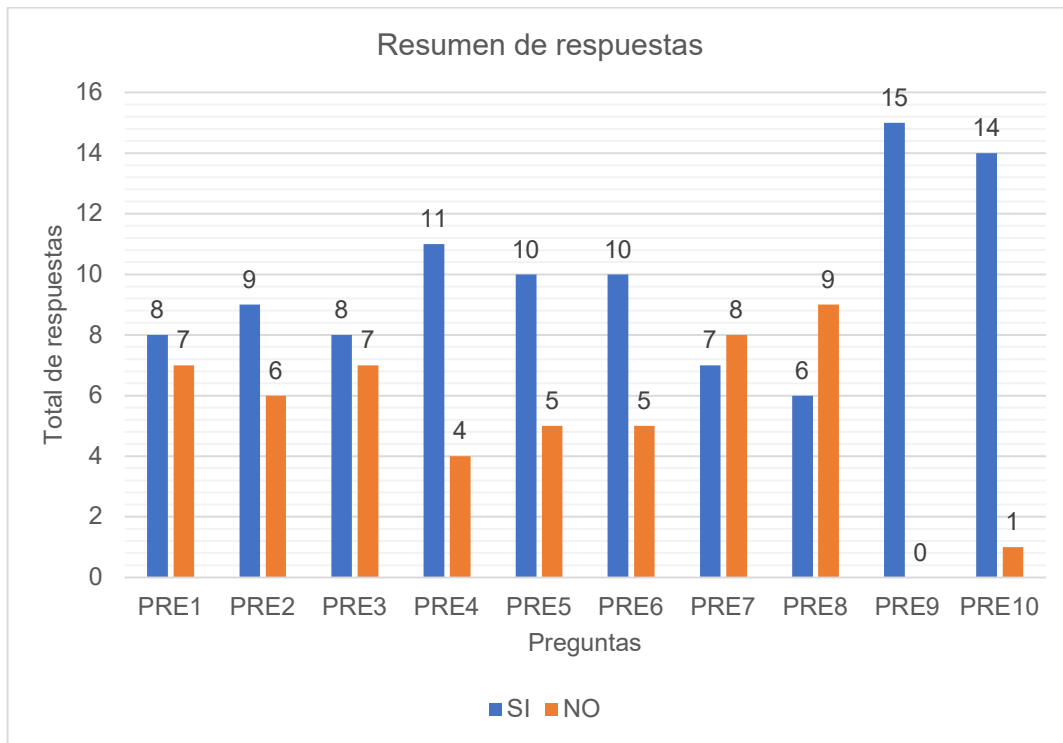
Pregunta 2

Implementamos tecnología avanzada para la supervisión continua de nuestras máquinas. Utilizamos sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real que nos permiten detectar cualquier anomalía en el desempeño y estado de los equipos.

Respuesta

Pregunta 3

<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Sí, hemos integrado herramientas de análisis predictivo en nuestras operaciones. Estas herramientas nos ayudan a identificar patrones que podrían indicar posibles fallas, permitiéndonos tomar medidas preventivas antes de que se presenten problemas graves.</p> <p>4</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Hemos tenido algunos incidentes de fallas y averías en los ductos de transporte de petróleo, aunque trabajamos continuamente para reducir estos eventos mediante mantenimiento regular y mejoras en la infraestructura.</p> <p>5</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Sí, las averías en la línea de transporte han ocasionado paradas de producción en varias ocasiones. Esto impacta significativamente nuestra eficiencia operativa.</p> <p>6</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>El tiempo de paro de producción varía según la gravedad de la avería. En algunos casos, los paros han sido prolongados, afectando la cadena de suministro y la productividad general.</p> <p>7</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Desafortunadamente, hemos experimentado varios derrames de petróleo recientemente. Esto ha generado preocupaciones ambientales y ha llevado a la implementación de medidas más estrictas para prevenir futuros incidentes.</p> <p>8</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Sí, nuestra infraestructura de transporte de petróleo está equipada con alarmas y sensores diseñados para detectar posibles averías. Estos dispositivos nos permiten responder rápidamente a cualquier problema detectado.</p> <p>9</p>
<p>Respuesta Pregunta</p>	<p>Realizamos mantenimiento constante tanto en nuestras máquinas como en los oleoductos. Este enfoque es crucial para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de nuestras operaciones.</p> <p>10</p>
<p>Respuesta</p>	<p>Estamos evaluando la posibilidad de implementar ductos On-shore HDPE, ya que estos podrían reducir significativamente los costos de mantenimiento y mejorar la eficiencia de producción debido a su durabilidad y resistencia a la corrosión.</p>



**Figura 1.**  
*Resumen de respuestas de la encuesta*

De acuerdo a la tabla y figura 1, se evidencia la cantidad de respuestas referentes a la encuesta realizada a los participantes, donde la prevalencia de las respuestas positivas (SI) y negativas (NO), se resumen en un conteo general donde: De acuerdo con las preguntas 9 y 10, se evidencia una alta incidencia respecto a las respuestas negativas, donde concluimos que el mantenimiento y la implementación si no se encuentran presentes en la empresa, resultado conveniente su aplicación para la prevalencia y mejora de su productividad anual.

Para graficar la problemática evidenciada en las respuestas de los encuestados se realizará un diagrama de Ishikawa que presenta 5 aspectos en específico con los respectivos problemas de cada uno.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa

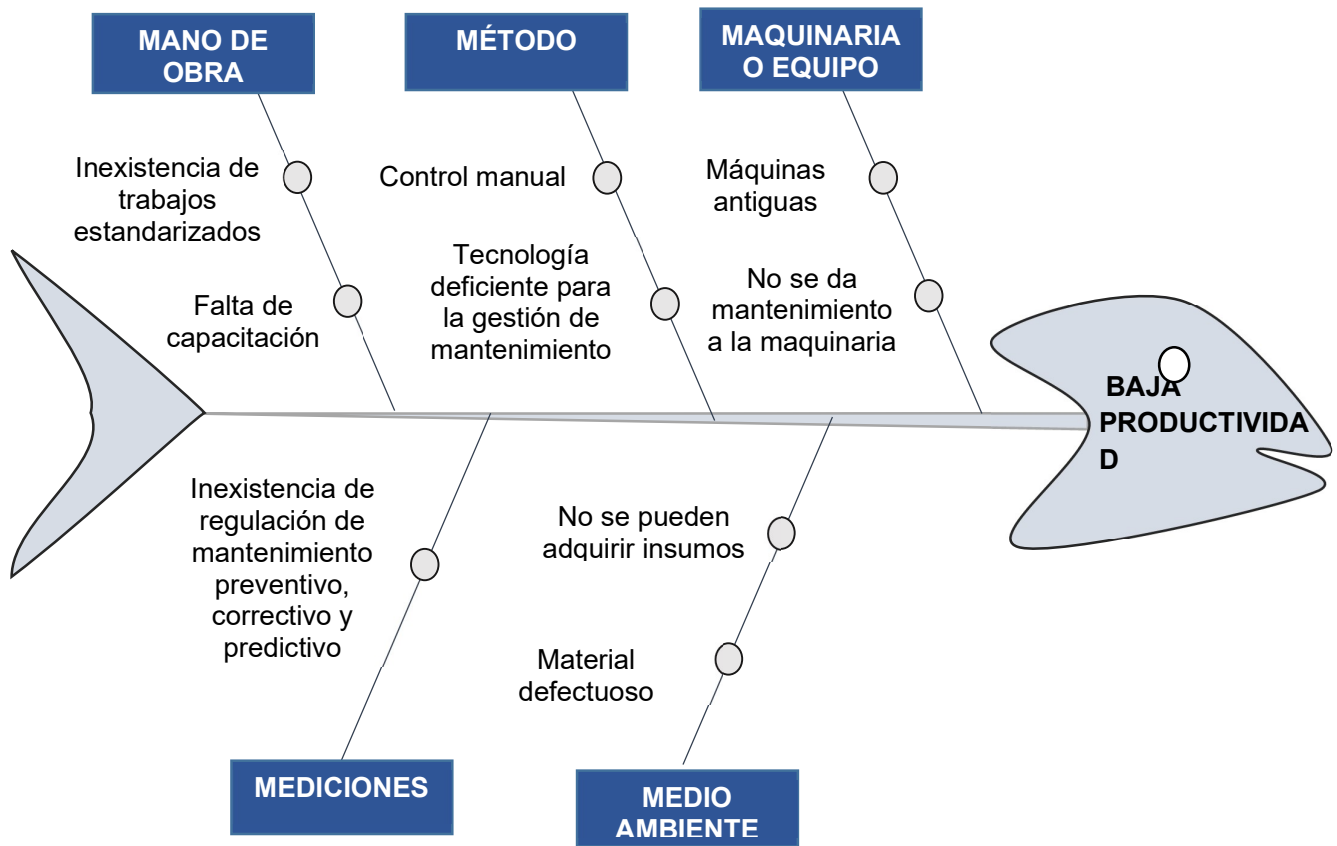
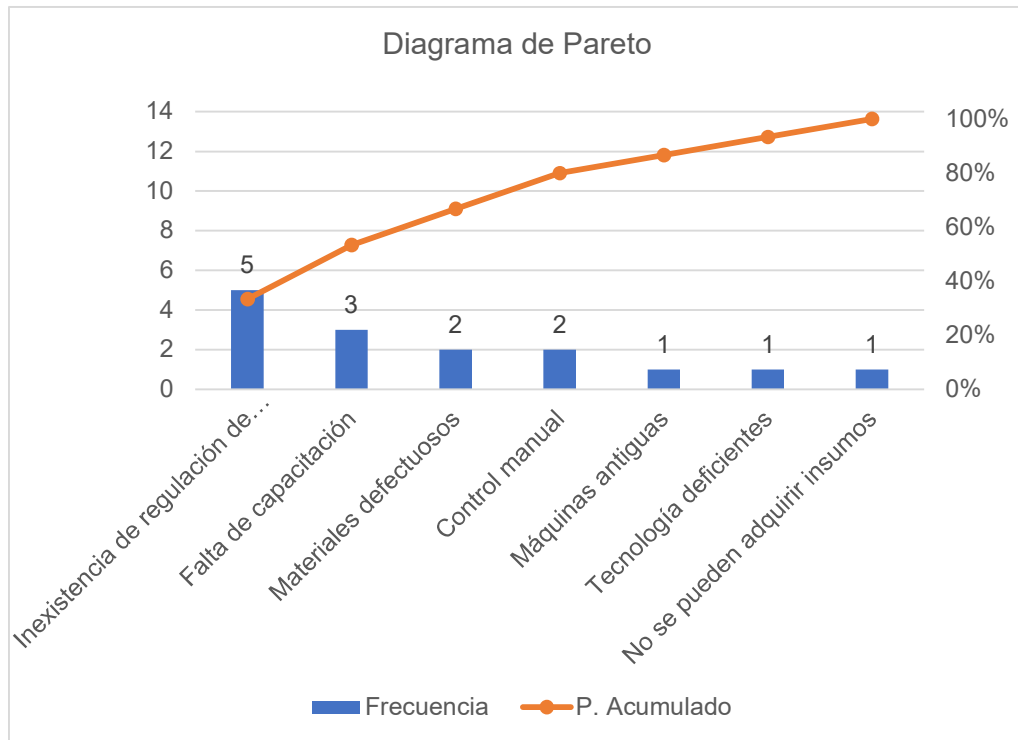


Tabla 2. Problemáticas de la empresa

Problemas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Inexistencia de regulación de mantenimiento	5	33%	33%
Falta de capacitación	3	20%	53%
Materiales defectuosos	2	13%	67%
Control manual	2	13%	80%
Máquinas antiguas	1	7%	87%
Tecnologías deficientes	1	7%	93%
No se pueden adquirir insumos	1	7%	100%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100%</b>	



**Figura 4. Diagrama de Pareto**



**Fuente: Elaboración propia**

En la Figura 2 se puede observar la representación gráfica de las causas de la problemática de la empresa, en base al número de frecuencia acumulada. Siendo los principales problemas la inexistencia de regulación del mantenimiento y falta de capacitación con un porcentaje del total de respuestas de 33% y 20% respectivamente. Para solucionar esta problemática se Implementará un sistema de Gestión de Mantenimiento.

## Indicadores antes de aplicar la propuesta

**Tabla 3. Eficiencia antes de aplicar la propuesta**

Mes - 2023	Semanas	Hora Máquina real	Horas Máquina programada	Eficiencia
<b>Noviembre</b>	Sem 1	138	162	85%
	Sem 2	138	162	85%
	Sem 3	129	162	80%
	Sem 4	121	162	75%
	Sem 5	140	162	86%
<b>Diciembre</b>	Sem 6	141	162	87%
	Sem 7	138	162	85%
	Sem 8	139	162	86%
<b>Promedio</b>				<b>84%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La eficiencia ha sido medida relacionando las horas de máquina real entre las horas de máquina programadas, estas máquinas abarcan tanto a las bombas como oleoductos, el periodo de diagnóstico abarca los meses de noviembre y diciembre del año 2023. El promedio de eficiencia es de 84%.

**Tabla 4. Eficacia antes de aplicar la propuesta**

Mes - 2023	Semanas	Barriles producidos	Barriles programados	Eficacia
<b>Noviembre</b>	Sem 1	11690	12500	94%
	Sem 2	10250	12500	82%
	Sem 3	10600	12500	85%
	Sem 4	10020	12500	80%
	Sem 5	9900	12500	79%
<b>Diciembre</b>	Sem 6	10500	12500	84%
	Sem 7	11320	12500	91%
	Sem 8	10500	12500	84%
<b>Promedio</b>				<b>85%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La eficacia ha sido medida relacionando los barriles de petróleo crudo producido sobre los barriles programados. El promedio de eficacia para el periodo de estudio es de 85%.

**Tabla 5. Productividad antes de aplicar la propuesta**

Mes - 2023	Semanas	Eficiencia	Eficacia	Productividad
<b>Noviembre</b>	Sem 1	85%	94%	80%
	Sem 2	85%	82%	70%
	Sem 3	80%	85%	68%
	Sem 4	75%	80%	60%
	Sem 5	86%	79%	68%
<b>Diciembre</b>	Sem 6	87%	84%	73%
	Sem 7	85%	91%	77%
	Sem 8	86%	84%	72%
<b>Promedio</b>				<b>71%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La productividad del periodo de estudio que se escogió para realizar el diagnóstico es de 71%.

**Tabla 6. Disponibilidad antes de aplicar la propuesta**

Mes - 2023	Semanas	Horas programadas	Horas de parada	Disponibilidad
<b>Noviembre</b>	Sem 1	162	50	69%
	Sem 2	162	51	69%
	Sem 3	162	48	70%
	Sem 4	162	42	74%
	Sem 5	162	42	74%
<b>Diciembre</b>	Sem 6	162	49	70%
	Sem 7	162	56	65%
	Sem 8	162	51	69%
<b>Promedio</b>				<b>70%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La disponibilidad está dada mediante las horas programadas sobre las horas de parada de producción, mide el tiempo en que los elementos están únicamente trabajando, el promedio de disponibilidad antes de aplicar la propuesta es de 70%.

**Tabla 7. Confiabilidad antes de aplicar la propuesta**

Mes - 2023	Semanas	Horas de funcionamiento	N° de fallas	Confiabilidad
Noviembre	Sem 1	138	18	8
	Sem 2	138	15	9
	Sem 3	129	12	11
	Sem 4	121	15	8
	Sem 5	140	19	7
Diciembre	Sem 6	141	21	7
	Sem 7	138	14	10
	Sem 8	139	15	9
<b>Promedio</b>				<b>8.6 h</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La confiabilidad está dada mediante las horas de funcionamiento sobre el número de fallas, indica el intervalo de tiempo en que un elemento desempeña sus funciones básicas, el promedio de confiabilidad antes de aplicar la propuesta es de 8.6 horas/falla.

**Tabla 8. Cálculo de Tiempo Medio entre Fallas antes de aplicar la propuesta**

Elemento	Tiempo programado (h)	Tiempo para reparar (h)	Número de fallas (veces)	MTBF (h)
Bomba de carga	1296	110	35	33.9
Bomba de nafta liviana	1296	32	12	105.3
Bomba de Diesel	1296	29	8	158.4
Bomba de nafta pesada	1296	15	5	256.2
Bomba de recirculación el tope de la torre	1296	18	7	182.6
Bomba de slop de UDP	1296	21	6	212.5
Bomba de inyección de productos químicos	1296	16	5	256.0
Oleoductos intermedios	1296	75	27	45.2
Oleoductos ascendentes	1296	30	10	126.6
Oleoductos de distribución	1296	24	8	159.0
Oleoductos de flujo	1296	19	6	212.8
<b>Promedio</b>				<b>159.0</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla superior evidencia los tiempos entre fallas de los equipos durante las ocho semanas del periodo de estudio, el promedio es de 159 horas. Y el equipo con menor tiempo de actividad antes que ocurra una falla es la Bomba de carga con 33.9 horas.

**Tabla 9. Tiempo Medio de la Reparación antes de aplicar la propuesta**

<b>Elemento</b>	<b>Tiempo para reparar (h)</b>	<b>Número de fallas (veces)</b>	<b>MTBF (h)</b>
Bomba de carga	110	35	3.1
Bomba de nafta liviana	32	12	2.7
Bomba de Diesel	29	8	3.6
Bomba de nafta pesada	15	5	3.0
Bomba de recirculación el tope de la torre	18	7	2.6
Bomba de slop de UDP	21	6	3.5
Bomba de inyección de productos químicos	16	5	3.2
Oleoductos intermedios	75	27	2.8
Oleoductos ascendentes	30	10	3.0
Oleoductos de distribución	24	8	3.0
Oleoductos de flujo	19	6	3.2
<b>Promedio</b>			<b>3.1</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla superior evidencia el tiempo promedio de reparación de los equipos, el promedio es de 3.1 horas.

### **Implementación de la propuesta**

#### **a. Primero: Identificar activos críticos**

Para implementar la gestión del mantenimiento, en primer lugar se identificarán los activos críticos del sistema de bombas y oleoductos, para ello, se analizará la criticidad de cada uno de los elementos, con la finalidad de identificar los más críticos.

**Tabla 10. Análisis de Criticidad en Tipos de Bombas**

<b>ITEM</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo de bombas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Impacto operacional</b>	<b>Flexibilidad Operacional</b>	<b>Costos de Mantenimiento</b>	<b>Impacto en la seguridad ambiental y humana</b>
1	P-10 D	Bomba de carga	10 fallas al año	Parada de toda la planta	No se puede producir ni recuperar	S/ 300,000.00	Causa daños severos a las instalaciones
2	P - 12	Bomba de nafta liviana	2 fallas al año	Producción recuperable en otras plantas	No se puede producir ni recuperar	S/ 110,000.00	Produce daños irreversibles al medio ambiente
3	P - 17	Bomba de Diesel	2 fallas al año	Producción recuperable en otras plantas	No se puede producir ni recuperar	S/ 80,000.00	Produce daños irreversibles al medio ambiente
4	P - 18	Bomba de nafta pesada	3 fallas al año	Producción recuperable en otras plantas	No se puede producir ni recuperar	S/ 70,000.00	Afecta la seguridad interna y externa
5	P - 21	Bomba de recirculación el tope de la torre	1 falla al año	Costos de operación adicionales	Repuesto compartido	S/ 50,000.00	Provoca daños menores
6	P - 22	Bomba de slop de UDP	2 falla al año	Costos de operación adicionales	Repuesto compartido	S/ 20,000.00	Provoca daños menores
7	P - 24	Bomba de inyección de productos químicos	3 falla al año	Costos de operación adicionales	Repuesto disponible	S/ 20,000.00	Causa daños severos a las instalaciones

**Fuente: Elaboración propia**

Tabla 11. Nivel de criticidad de las bombas

ITEM	Código	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE FALLA		IMPACTO OPERACIONAL		FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		COSTO DE MANTENIMIENTO		SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE		CONSECUENCIA	Criticidad
			MÁQUINAS	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO		
1	P-10 D	Bomba de carga	A1	4	B1	10	C1	4	D1	2	E3	4	46	184
2	P - 12	Bomba de nafta liviana	A2	3	B2	6	C1	4	D1	2	E2	6	32	96
3	P - 17	Bomba de Diesel	A3	2	B2	6	C1	4	D2	1	E2	6	31	62
4	P - 18	Bomba de nafta pesada	A3	2	B2	6	C1	4	D2	1	E1	8	33	66
5	P - 21	Bomba de recirculación el tope de la torre	A4	1	B4	2	C2	2	D2	1	E4	2	7	7
6	P - 22	Bomba de slop de UDP	A4	1	B4	2	C2	2	D2	1	E4	2	7	7
7	P - 24	Bomba de inyección de productos químicos	A4	1	B4	2	C3	1	D2	1	E3	4	7	7

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla superior, de todas las bombas que conforman el sistema, la que tiene un nivel más alto de criticidad es la bomba de carga, por lo cual se ha escogido a este elemento para realizar el análisis de mantenimiento.

**Tabla 12. Análisis de Criticidad en Tipos de Oleoductos**

ITEM	Código	Tipo de oleoductos	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad Operacional	Costos de Mantenimiento	Impacto en la seguridad ambiental y humana
1	A-1	Oleoductos ascendentes	15 fallas al año	Parada de toda la planta	No se puede producir ni recuperar	S/ 110,000.00	Produce daños irreversibles
2	A-2	Oleoductos intermedios	3 fallas al año	Impacta niveles de producción	Repuesto compartido	S/ 80,000.00	Produce daños irreversibles al medio ambiente
3	A-3	Oleoductos de distribución	4 fallas al año	Impacta niveles de producción	Repuesto disponible	S/ 50,000.00	Produce daños irreversibles
4	A-4	Oleoductos de flujo	2 fallas al año	Impacta niveles de producción	Repuesto disponible	S/ 50,000.00	Causa daños severos a las instalaciones

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. Nivel de criticidad de los oleoductos**

ITEM	Código	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA DE FALLA		IMPACTO OPERACIONAL		FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		COSTO DE MANTENIMIENTO		SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE		CONSECUENCIA	Criticidad
		MÁQUINAS	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA		
1	A-1	Oleoductos intermedios	A1	4	B1	10	C1	4	D1	2	E1	6	48	192
2	A-2	Oleoductos ascendentes	A2	3	B3	4	C2	2	D1	2	E2	6	16	48
3	A-3	Oleoductos de distribución	A3	3	B3	4	C3	1	D2	1	E2	6	11	33
4	A-4	Oleoductos de flujo	A3	2	B3	4	C4	1	D2	1	E3	4	9	18

Fuente: Elaboración propia



Como se observa en la tabla 11, de todos los oleoductos que conforman el sistema, el que tiene un nivel más alto de criticidad son los oleoductos intermedios, por lo cual se ha escogido a este elemento para realizar el análisis de mantenimiento.

**b. Segundo: Evaluar el riesgo**

Una vez que se han identificado los activos críticos, se evaluará el riesgo de falla de cada activo. Primero se realizará un Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF), para cuantificar y clasificar las fallas críticas o potenciales de cada elemento crítico. Teniendo en cuenta el NPR (Número de Prioridad de Riesgos), se enlistan las acciones correctivas que al aplicarse obtendrán un NPR menor.

Tabla 14. Matriz AMEF de bomba de carga

Máquina	Componente	Función	Modo de Fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales	Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detención	NPR	Acciones recomendadas	Nuevo Control	Realizado por	Nueva severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva detención	Nuevo NPR
Bomba de carga	Voluta	Permitir intercambio de energía cinética a energía de presión	Erosión al interior	La lectura del manómetro se descarga disminuyendo la eficiencia hidráulica	Agentes contaminantes presentes en fluido de bombeado	Inspección visual anual	5	3	5	75	Ubicar manómetros a la entrada y salida del filtro de succión	Diario	Operario	2	3	4	24
		Soportar energía generada por la presión del crudo	Corrosión	Efecto acelerado de corrosión al interior del componente. Debilitamiento estructural	Azufre, sales y otros contaminantes presentes en el crudo	Inspección visual anual	6	3	5	90	Asegurarse que las superficies de sellado estén alineadas correctamente (concéntricas, paralelas y perpendiculares) según lo especificado por el fabricante del sellador.	Antes de ensamblarlo	Mecánico	3	2	4	24
			Agrietamiento de la superficie	Desgaste en la superficie del componente por erosión debido a la velocidad y a los sólidos en suspensión en el fluido.	Desgaste de material por composición química del fluido y velocidad	Inspección visual anual	4	3	8	96	Prueba neumática para revisar los componentes y su correcta posición.	Antes de ensamblarlo	Mecánico	2	2	4	16
	Impulsor	Dar energía al fluido y llevarlo hacia el exterior de la bomba	Desgaste	Reduce la altura de presión de la bomba. Reducción de eficiencia hidráulica.	Usar la bomba fuera de su nivel de eficiencia. Su composición química causa corrosión.	Inspección visual anual	6	5	4	120	Regular los niveles de presión, no sobrepasar los límites de eficiencia	Mensual	Operario	3	6	4	72
			Atascamiento con algún objeto extraño	Desgaste de impulsor producido por impacto cíclico del componente. Puede producir parada de la bomba.	Ruptura de malla de filtro de succión.	Inspección visual rutinaria por operario	7	3	5	105	Desarrollar un sistema de accionamiento de sello mecánico sin contacto.	Permanente	Operario	5	3	4	60

			Soltura	Aumento de temperatura en el componente y desgaste por fricción. Obstaculización del eje.	Ajuste incorrecto de impulsor. Desgaste de la chaveta.	Inspección visual anual	5	6	8	240	Utilizar un pirómetro para controlar continuamente la temperatura del collar del sello mecánico	Quincenal	Ingeniero	3	4	4	48
	Sello mecánico	Evitar fuga de crudo	Fuga de crudo	Puede generar una explosión alrededor del equipo. En promedio 4 días de inactividad	Función incorrecta del sistema de lubricación	Inspección visual rutinaria por operario	9	8	5	360	Análisis del aceite lubricante en el sistema de amortiguación	Quincenal	Operario	4	3	5	60
	Rodamiento axial	Soporte de cargas axiales	Fatiga superficial	Cargas excesivas que producen grietas en la superficie.	Cavitación	Monitoreo mensual	5	3	8	120	Verificar las cargas y su monitoreo	Diario	Operario	2	2	4	16
	Rodamiento radial	Soportar cargas radiales	Rayaduras	Desgaste en el interior por fricción entre rodamiento y eje.	Ingreso de contaminantes. Mal montaje. Sobrecarga por operar sobre los parámetros.	Inspección visual semestral	7	5	5	175	Monitorear los parámetros y su ejecución de acuerdo a límites. Montaje correcto	Diario	Operario	3	2	4	24
	Eje	Transmisión de movimiento rotacional	Deflexión mayor a límite de diseño	Vibraciones por encima de las normas. Desgaste de rodamientos.	Genera recirculaciones que causa la deflexión del eje	Monitoreo predictivo por vibraciones	7	4	6	168	Medición de vibraciones, no sobrepasar límites de las normas estandarizadas.	Quincenal	Operario/Ingeniero	4	2	3	24
	Anillos lubricadores	Permite la lubricación correcta de los rodamientos	Rozamiento de los anillos	Roce con el interior de la caja de rodamientos, produciendo desgaste y reducción de lubricación de los rodamientos.	Uso incorrecto de equipo	Inspección visual semestral	5	6	8	240	Inspección y monitoreo del líquido lubricador.	Mensual	Operario	2	2	4	16

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Matriz AMEF de Oleoductos

Máquina	Componente	Función	Modo de Fallo potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas potenciales	Controles actuales	Severidad	Ocurrencia	Detención	NPR	Acciones recomendadas	Nuevo Control	Realizado por	Nueva severidad	Nueva Ocurrencia	Nueva detención	Nuevo NPR
Oleoductos intermedios	Material del conducto	Contener y transportar petróleo	Corrosión	Fuga. Pérdida de producto. Peligro de incendio	Exposición a la intemperie. Selección inadecuada del material	Inspección visual anual	8	5	4	160	Considerar el uso de materiales o recubrimientos resistentes a la corrosión.	Mensual	Operario	3	4	4	48
	Juntas de expansión	Acomodar la expansión térmica	Pérdida de flexibilidad	Mayor estrés en el sistema de conductos. Posibilidad de fugas o roturas en otras partes.	Degradación del material debido a la temperatura. Desgaste	Inspección visual anual	7	5	5	175	Seleccionar juntas de expansión con clasificaciones de temperatura apropiadas.	Mensual	Operario	3	2	4	24
	Amortiguadores	Flujo de control	Bloqueo	Interrupción del flujo del producto. Parada del proceso. Posibles daños al equipo	Acumulación de escombros. Falla mecánica	Inspección visual semestral	6	6	5	180	Instalar filtros o coladores antes de las compuertas. Considerar el uso de válvulas de derivación para procesos críticos.	Diario	Operario	4	2	4	32
	Material de aislamiento	Minimizar la pérdida/ganancia de calor	Degradación	Eficiencia reducida. Mayor consumo de energía. Posibilidad de sobrecalentamiento o condensación	Exposición a la intemperie. Rotura de materiales	Inspección visual anual	5	9	4	180	Utilizar materiales de aislamiento de alta calidad adecuados para la temperatura de funcionamiento. Inspeccionar y reemplazar periódicamente el aislamiento degradado.	Mensual	Operario	4	5	3	60

Fuente: Elaboración propia

**c. Tercero: Desarrollar un programa de Mantenimiento Preventivo**

Para realizar un programa de mantenimiento, en primer lugar se realizará un cronograma con las actividades a ejecutar de cada elemento, tal como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 16. Cronograma de mantenimiento**

Responsable:	Jefe de planta	Cronograma de mantenimiento												Área:			
Elemento	Actividades de mantenimiento	Enero				Febrero				Marzo				Abril			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Bomba de carga</b>	Verificar si hay fugas, grietas y estado general	x			x			x				x			x		
	Prueba de rendimiento: Medir el caudal, la presión y los niveles de vibración	x												x			
	Lubricación: Reemplazar el lubricante de acuerdo a las recomendaciones del fabricante	x								x				x			x
	Reemplazo de filtro: Cambiar filtros de aceite según sea necesario		x												x		
	Inspección de empaque y sello: Verificar si hay desgaste y reemplazarlo si es necesario	x								x				x			
	Calibración: Medir con precisión el caudal y la presión	x				x		x					x			x	
<b>Oleoductos intermedios</b>	Limpieza interna: Utilizar raspadores para eliminar acumulación de residuos		x											x			
	Inspección externa: de presencia de fugas, corrosión y daños externos	x												x			
	Inspección de bridas: para comprobar que no presente signos de desgaste	x									x				x		
	Pruebas de presión: para identificar la integridad de tuberías y fugas	x													x		x

Fuente: Elaboración propia

## Control de Paradas

Cuando ocurra una avería o falla, se enlistan las acciones correctivas que se llevarán a cabo para minimizar el tiempo de paradas.

**Tabla 17. Acciones correctivas por paradas**

Elemento	Causa de parada	Acciones correctivas
<b>Bombas de carga</b>	Falla mecánica (rodamiento, sellos)	Reemplazar los componentes desgastados o dañados
	Problemas eléctricos (motor, panel de control)	Reparar fallas eléctricas
	Pérdida de cebado (cavitación)	Cebar la bomba si se produce cavitación
	Mal funcionamiento de la válvula	Limpiar y reparar las válvulas que funcionan incorrectamente
<b>Oleoductos Intermedios</b>	Fuga (corrosión, soldaduras defectuosas)	Reparar fugas con prontitud para reducir pérdida de producto e impacto ambiental
	Bloqueo (acumulación de residuos)	Eliminar bloqueo usando métodos mecánicos o de descarga
	Ruptura (fatiga del material, impacto externo)	Aislar sección afectada y reparar rupturas

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 16 se presenta el formato de control de paradas.

**Tabla 18. Formato control de paradas**

Control de paradas		
<b>Fecha:</b>		
<b>Código de máquina:</b>		
<b>Código de operario:</b>		
<b>Hora de Inicio de parada:</b>		
<b>Hora de fin de parada:</b>		
Elemento	Causa de parada	Acciones correctivas
<b>Elaborado por:</b>		
<b>Revisado por:</b>		

**Fuente: Elaboración propia**

## Capacitaciones

Se presentan las capacitaciones que se realizarán y el cronograma de ejecución de cada una de ellas.

**Tabla 19. Lista de capacitaciones**

<b>Tema de capacitación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Capacitador</b>
Metodología de mantenimiento preventivo	Una vez	Especialista en mantenimiento
Procedimientos de mantenimiento preventivo de equipos específicos (bombas, válvulas, etc.)	Trimestral	Especialista en mantenimiento
Prácticas y selección de lubricación	Mensual	Especialista en mantenimiento
Solución de problemas comunes de los equipos	Mensual	Especialista en mantenimiento
Registro y documentación de las actividades de gestión de proyectos	Mensual	Especialista en mantenimiento
Protocolos de seguridad durante las tareas de mantenimiento	Diario	Especialista en mantenimiento
Llenado de reportes y formatos	Trimestral	Especialista en mantenimiento

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 17 muestra las capacitaciones, frecuencia y el encargado de llevarlas a cabo en la empresa.

**Tabla 20. Formato de hoja de control de capacitaciones**

Hoja de control de capacitación						
Tema (s):				Página	1	
				Responsable		
				Cargo		
				Fecha		
Objetivo (s):						
N°	Apellidos y nombres	DNI	Firma	Evaluación		Observaciones
				Logrado	No logrado	

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 18, muestra el formato de control de capacitaciones que será llenado por el encargado de la capacitación.



**Tabla 21. Cronograma de capacitaciones**

<b>Tema de capacitación</b>	<b>Sem 1</b>	<b>Sem 2</b>	<b>Sem 3</b>	<b>Sem 4</b>	<b>Sem 5</b>	<b>Sem 6</b>	<b>Sem 7</b>	<b>Sem 8</b>	<b>Sem 9</b>	<b>Sem 10</b>	<b>Sem 11</b>	<b>Sem 12</b>
Metodología de mantenimiento preventivo												
Procedimientos de mantenimiento preventivo de equipos específicos												
Prácticas y selección de lubricación												
Solución de problemas comunes de los equipos												
Registro y documentación de las actividades de gestión de proyectos												
Protocolos de seguridad durante las tareas de mantenimiento												

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla 19 muestra el cronograma de ejecución de las capacitaciones durante las semanas de implementación de la propuesta.

## Indicadores después de aplicar la propuesta

**Tabla 22. Eficiencia después de aplicar la propuesta**

Mes	Semanas	Hora Máquina real	Horas Máquina programada	Eficiencia
<b>Mayo</b>	Sem 1	158	162	98%
	Sem 2	157	162	97%
	Sem 3	142	162	88%
	Sem 4	156	162	96%
	Sem 5	151	162	93%
<b>Junio</b>	Sem 6	161	162	99%
	Sem 7	158	162	98%
	Sem 8	159	162	98%
<b>Promedio</b>				<b>96%</b>

Fuente: Elaboración propia

La eficiencia después de aplicar la propuesta es de 96%.

**Tabla 23. Eficacia después de aplicar la propuesta**

Mes - 2024	Semanas	Barriles producidos	Barriles programados	Eficacia
<b>Mayo</b>	Sem 1	11780	12500	94%
	Sem 2	11200	12500	90%
	Sem 3	11000	12500	88%
	Sem 4	10590	12500	85%
	Sem 5	10200	12500	82%
<b>Junio</b>	Sem 6	11020	12500	88%
	Sem 7	11420	12500	91%
	Sem 8	11500	12500	92%
<b>Promedio</b>				<b>89%</b>

Fuente: Elaboración propia

La eficacia actual es de 89%

**Tabla 24. Productividad después de aplicar la propuesta**

Mes - 2024	Semanas	Eficiencia	Eficacia	Productividad
<b>Mayo</b>	Sem 1	98%	94%	92%
	Sem 2	97%	90%	87%
	Sem 3	88%	88%	77%
	Sem 4	96%	85%	82%
	Sem 5	93%	82%	76%
<b>Junio</b>	Sem 6	99%	88%	88%
	Sem 7	98%	91%	89%
	Sem 8	98%	92%	90%
<b>Promedio</b>				<b>85%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La productividad después de aplicar la propuesta es de 85%.

**Tabla 25. Disponibilidad después de aplicar la propuesta**

Mes - 2024	Semanas	Horas programadas	Horas de parada	Disponibilidad
<b>Mayo</b>	Sem 1	162	20	88%
	Sem 2	162	15	91%
	Sem 3	162	14	91%
	Sem 4	162	16	90%
	Sem 5	162	18	89%
<b>Junio</b>	Sem 6	162	21	87%
	Sem 7	162	15	91%
	Sem 8	162	18	89%
<b>Promedio</b>				<b>89%</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La disponibilidad de los elementos, es decir las horas que están únicamente trabajando es de 89%.

**Tabla 26. Confiabilidad después de aplicar la propuesta**

Mes - 2024	Semanas	Horas de funcionamiento	Nº de fallas	Confiabilidad
<b>Mayo</b>	Sem 1	158	8	20
	Sem 2	157	10	16
	Sem 3	142	16	9
	Sem 4	156	8	20
	Sem 5	151	9	17
<b>Junio</b>	Sem 6	161	5	32
	Sem 7	158	5	32
	Sem 8	159	10	16
<b>Promedio</b>				<b>20.0</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La confiabilidad de los elementos, es decir, el intervalo de tiempo que trabajarán desempeñando sus funciones básicas después de implementar la propuesta es de 20 horas/falla.

**Tabla 27. Cálculo de Tiempo Medio entre Fallas después de aplicar la propuesta**

Máquina	Tiempo programado (h)	Tiempo para reparar (h)	Número de fallas (veces)	MTBF (h)
Bomba de carga	1296	32	18	70.2
Bomba de nafta liviana	1296	10	10	128.6
Bomba de diesel	1296	12	8	160.5
Bomba de nafta pesada	1296	11	5	257.0
Bomba de recirculación el tope de la torre	1296	12	4	321.0
Bomba de slop de UDP	1296	10	4	321.5
Bomba de inyección de productos químicos	1296	15	4	320.3
Oleoductos intermedios	1296	13	5	256.6
Oleoductos ascendentes	1296	8	5	257.6
Oleoductos de distribución	1296	6	3	430.0
Oleoductos de flujo	1296	8	5	257.6
<b>Promedio</b>				<b>252.8</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla superior evidencia los tiempos entre fallas de los equipos después de aplicar la propuesta, siendo el promedio 252.8 horas de actividad antes que ocurra una falla. Además, la bomba de descarga ahora presenta un MTBF de 79.2 horas.

**Tabla 28. Tiempo Medio de la Reparación después de aplicar la propuesta**

<b>Elemento</b>	<b>Tiempo para reparar (h)</b>	<b>Número de fallas (veces)</b>	<b>MTTR (h)</b>
Bomba de carga	32	18	1.8
Bomba de nafta liviana	10	10	1.0
Bomba de diesel	12	8	1.5
Bomba de nafta pesada	11	5	2.2
Bomba de recirculación el tope de la torre	12	4	3.0
Bomba de slop de UDP	10	4	2.5
Bomba de inyección de productos químicos	15	4	3.8
Oleoductos intermedios	13	5	2.6
Oleoductos ascendentes	8	5	1.6
Oleoductos de distribución	6	3	2.0
Oleoductos de flujo	8	5	1.6
<b>Promedio</b>			<b>2.1</b>

**Fuente: Elaboración propia**

La tabla superior evidencia el tiempo promedio de reparación de los equipos, el promedio es de 2.1 horas.

## Comparación de indicadores

**Tabla 29. Comparación de indicadores de la variable independiente**

Indicador	Antes de la propuesta	Después de la propuesta	Mejora
Disponibilidad	70%	89%	19%
Confiabilidad	8.6 h	20.0 h	11.4 h
MTBF	159.0 h	252.8 h	94 h
MTTR	3.1 h	2.1 h	1 h

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 27, se observa que la disponibilidad tuvo una mejora del 19% al aplicar la propuesta. Por su parte, la confiabilidad, es decir en tiempo que los elementos realizarán sus funciones antes de presentarse una falla se incrementó en 11.4 h, por lo cual se producirán menos paradas. Por otro lado, el tiempo entre fallas se ha incrementado en 94 h, y el tiempo de reparación se ha reducido en 1 hora.

**Tabla 30. Comparación de indicadores de la variable dependiente**

Indicador	Antes de la propuesta	Después de la propuesta	Mejora
Eficiencia	84%	96%	12%
Eficacia	85%	89%	4%
Productividad	71%	85%	14%

**Fuente: Elaboración propia**

La eficiencia ha tenido una mejora del 12%, pasando de 84% a 96%. La eficacia ha mejorado 4%, pasando de 85% a 89%. Y la productividad ha mejorado un 14%, de 71% a 85%.

### **Análisis Beneficio – Costo**

Después de implementar la propuesta de gestión del mantenimiento, la cantidad de barriles producidos se incrementó, para obtener el beneficio monetario se multiplicó esta cantidad por el costo unitario, obteniendo el beneficio total de S/ 196,500.00, tal como se observa en la tabla 29.

**Tabla 31. Beneficio en cantidad de barriles producidos**

<b>Semanas</b>	<b>Barriles producidos antes</b>	<b>Barriles producidos después</b>	<b>Costo por barril</b>	<b>Costo Total</b>
Sem 1	11690	11780	S/ 50.00	S/ 4,500.00
Sem 2	10250	11200	S/ 50.00	S/ 47,500.00
Sem 3	10600	11000	S/ 50.00	S/ 20,000.00
Sem 4	10020	10590	S/ 50.00	S/ 28,500.00
Sem 5	9900	10200	S/ 50.00	S/ 15,000.00
Sem 6	10500	11020	S/ 50.00	S/ 26,000.00
Sem 7	11320	11420	S/ 50.00	S/ 5,000.00
Sem 8	10500	11500	S/ 50.00	S/ 50,000.00
<b>Total</b>				<b>S/ 196,500.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 32. Costos por capacitaciones**

<b>Capacitación</b>	<b>Número de capacitadores</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Costo Total</b>
Metodología de mantenimiento preventivo	2	20	S/ 300.00	S/ 12,000.00
Procedimientos de mantenimiento preventivo de equipos específicos	2	20	S/ 450.00	S/ 18,000.00
Prácticas y selección de lubricación	3	10	S/ 320.00	S/ 9,600.00
Solución de problemas comunes de los equipos	3	10	S/ 450.00	S/ 13,500.00
Registro y documentación de las actividades de gestión de proyectos	1	10	S/ 400.00	S/ 4,000.00
Protocolos de seguridad durante las tareas de mantenimiento	1	10	S/ 400.00	S/ 4,000.00
<b>Total</b>				<b>S/ 61,100.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Como se observa en la tabla superior, el costo por capacitaciones es de S/ 61,100.00.

**Tabla 33. Costos por materiales para capacitación**

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Lapiceros	UND	30	S/ 1.50	S/ 45.00
Hojas Bond	Millar	5	S/ 15.00	S/ 75.00
Separatas	UND	30	S/ 5.00	S/ 150.00
Cuadernillos	UND	30	S/ 5.00	S/ 150.00
Pizarra	UND	2	S/ 60.00	S/ 120.00
Plumones	UND	12	S/ 4.00	S/ 48.00
<b>Total</b>				<b>S/ 588.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los costos por materiales para las capacitaciones ascienden a S/ 588.00.

**Tabla 34. Costos por procedimientos**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Escritorio	UND	3	S/ 900.00	S/ 2,700.00
Repisa	UND	3	S/ 1,100.00	S/ 3,300.00
Computadora	UND	3	S/ 3,000.00	S/ 9,000.00
Sillas	UND	3	S/ 300.00	S/ 900.00
Impresora	UND	3	S/ 700.00	S/ 2,100.00
Útiles de oficina	Paquete	5	S/ 150.00	S/ 750.00
<b>Total</b>				<b>S/ 18,750.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los costos por procedimientos ascienden a S/ 18,750.00.

**Tabla 35. Costos por herramientas**

<b>Herramientas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Manómetro	3	S/ 1,800.00	S/ 5,400.00
Pirómetro	2	S/ 1,500.00	S/ 3,000.00
Lubricantes	40	S/ 120.00	S/ 4,800.00
Grasa Industrial	20	S/ 70.00	S/ 1,400.00
Trapo Industrial	30	S/ 8.00	S/ 240.00
Escobilla Industrial	10	S/ 15.00	S/ 150.00
<b>Total</b>			<b>S/ 14,840.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los costos por herramientas capacitaciones ascienden a S/ 14,840.00.



**Tabla 36. Costos en materiales para cuidado a la salud**

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Guantes anti corte PU CUT-5	30	S/ 40.00	S/ 1,200.00
Mameluco Panostyle Gris	30	S/ 100.00	S/ 3,000.00
<b>Total</b>			<b>S/ 4,200.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los costos por materiales para cuidado a la salud ascienden a S/ 4,200.00.

**Tabla 37. Costos en higiene**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Escoba	UND	10	S/ 20.00	S/ 200.00
Trapeador	UND	10	S/ 15.00	S/ 150.00
Recogedor	UND	10	S/ 20.00	S/ 200.00
Baldes	UND	5	S/ 20.00	S/ 100.00
Alcohol	Litro	5	S/ 25.00	S/ 125.00
Mascarillas	UND	30	S/ 5.00	S/ 150.00
<b>Total</b>				<b>S/ 925.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

Los costos por materiales para las capacitaciones ascienden a S/ 925.00.

**Tabla 38. Resumen de costos**

<b>Resumen de Costos</b>	
Capacitaciones	S/ 18,750.00
Materiales para capacitación	S/ 61,100.00
Procedimientos	S/ 588.00
Herramientas	S/ 14,840.00
Cuidado a la salud	S/ 925.00
Higiene	S/ 4,200.00
<b>Total</b>	<b>S/ 100,403.00</b>

**Fuente: Elaboración propia**

El costo total para la implementación de la propuesta es de S/ 100,403.00.

**Tabla 39. Beneficio - Costo de la propuesta**

Beneficio	S/ 196,500.00
Costo	S/ 100,403.00
<b>B/C</b>	<b>1.95</b>

**Fuente: Elaboración propia**

El beneficio – costo de la propuesta es de 1.95, es decir que por cada S/1.00 invertido

se obtendrá un beneficio de S/. 0.95

## Discusiones:

- De acuerdo con lo establecido por el objetivo 1, el estado actual del mantenimiento de los oleoductos en la empresa de petróleo de Talara presenta diversas deficiencias similares a las observadas en otros estudios nacionales. Específicamente, se observa una predominancia de estrategias de mantenimiento reactivo, donde las fallas son atendidas únicamente cuando se presentan, en lugar de ser prevenidas. Esto se traduce en retrasos en la producción y posibles incumplimientos de los pedidos, afectando directamente la productividad y la competitividad de la empresa; por otra parte, la teoría del mantenimiento preventivo [18], sostiene que la intervención anticipada en los equipos, antes de que ocurra una falla, puede reducir el tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia operativa. En contraste, el mantenimiento correctivo, que aborda los problemas solo después de que han ocurrido, tiende a ser más costoso y disruptivo para las operaciones; donde, la situación en Talara refleja problemas similares a los encontrados en la empresa pesquera de Trujillo [5], donde la falta de un programa de capacitación y desconocimiento del mantenimiento preventivo entre los operarios conduce a un manejo ineficiente del equipo. En ambos casos, la ausencia de medición de indicadores de rendimiento clave (KPI) contribuye a una gestión ineficaz del mantenimiento. En Talara, una gestión limitada y reactiva probablemente resulta en baja productividad y mayor tiempo de inactividad, tal como se observó en la pesquera; así también, el estudio en Lima sobre el modelo de gestión TPM (Total Productive Maintenance) [6], resalta cómo la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo puede reducir significativamente el tiempo de inactividad y los costos. En Talara, la adopción de un enfoque similar podría mitigar los problemas de productividad. El 26% de tiempo de inactividad y la reducción del 33% en producción en Lima muestran claramente los beneficios de un mantenimiento preventivo adecuado. Si Talara implementara un modelo TPM, podría reducir sus costos operativos y mejorar la disponibilidad de sus oleoductos; y por contraparte, el caso de la empresa molinera en

Chiclayo [10], demuestra las consecuencias negativas del mantenimiento correctivo, como el desgaste frecuente de componentes y altos costos de reparación. Con un enfoque de mantenimiento preventivo basado en análisis AMEF, Talara podría predecir y prevenir fallas en sus oleoductos, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos. El bajo OEE (Overall Equipment Effectiveness) en Chiclayo subraya la necesidad de mejorar la eficiencia mediante prácticas de mantenimiento preventivo, lo cual es aplicable a Talara para alcanzar niveles óptimos de rendimiento. Por ende, concluimos que, la implementación de estrategias basadas en teorías de mantenimiento preventivo, respaldadas por estudios de caso nacionales, puede mejorar significativamente la productividad y reducir los costos operativos. La adopción de tecnologías avanzadas y la capacitación continua del personal son esenciales para lograr estos objetivos y asegurar la competitividad en el mercado.

- De acuerdo al siguiente objetivo, donde nos planteamos diseñar herramientas de prevención para evitar fugas en los oleoductos y mejorar el transporte en la empresa de petróleo de Talara se alinea con la necesidad crítica de mantener la integridad y eficiencia de los sistemas de transporte de petróleo. Las fugas en los oleoductos no solo representan una pérdida significativa de producto y recursos económicos, sino que también tienen graves implicaciones ambientales y de seguridad. Por lo tanto, desarrollar estrategias preventivas es esencial para asegurar la operación continua y eficiente de la empresa; por lo que es lógico relacionarlo con la teoría de los Indicadores Clave de Desempeño (KPI) [18], en mantenimiento se centra en la medición y evaluación continua de la eficacia y eficiencia de los procesos de mantenimiento. Los KPIs permiten a las organizaciones identificar áreas de mejora, optimizar recursos y reducir costos operativos. En el contexto de la empresa de Talara, la implementación de KPIs específicos para monitorear la condición y desempeño de los oleoductos es fundamental para detectar y prevenir fugas antes de que ocurran; por ejemplo, el estudio realizado en Lima sobre el modelo de gestión TPM (Total Productive Maintenance) [6], para una máquina pesquera de calamar gigante peruano destaca la importancia de la

reducción del tiempo de inactividad y el aumento de la disponibilidad de las máquinas. La implementación de TPM condujo a una disminución significativa de las averías y un incremento en la productividad. Para Talara, aplicar principios similares podría involucrar el uso de tecnologías avanzadas de monitoreo y análisis predictivo, lo que reduciría el tiempo de inactividad y mejoraría la seguridad y eficiencia de los oleoductos; sin embargo, en otro estudio [7], la adopción de un enfoque de mantenimiento correctivo resultó en interrupciones de producción no programadas, causando pérdidas económicas significativas. La falta de conocimiento y capacitación en mantenimiento preventivo fue un factor clave en estas deficiencias. Para Talara, esta evidencia subraya la necesidad de capacitar al personal en técnicas avanzadas de mantenimiento preventivo y el uso de herramientas de monitoreo continuo para predecir y prevenir fugas y fallas; y teniendo otro enfoque, la investigación en Lambayeque [8], propuso un programa de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad de una planta procesadora. La falta de cumplimiento de los programas de inspección y lubricación llevó a averías recurrentes en equipos críticos. Similarmente, en Talara, la implementación rigurosa de un programa de mantenimiento preventivo, respaldado por KPIs, aseguraría el monitoreo constante de los oleoductos y permitiría intervenciones proactivas para evitar fugas. Por lo tanto, concluimos que, el diseño e implementación de herramientas de prevención para evitar fugas en los oleoductos y mejorar el transporte en la empresa de petróleo de Talara requieren una estrategia integral basada en la teoría de KPI de mantenimiento, la comparación con estudios previos en Lima, Lambayeque y otras regiones o situaciones geográficas resaltan la importancia de un enfoque preventivo, el uso de tecnologías avanzadas, y la capacitación del personal. Mediante el monitoreo continuo, análisis predictivo, y establecimiento de KPIs específicos, Talara puede mejorar significativamente la seguridad, eficiencia y productividad de sus operaciones de transporte de petróleo.

- Siguiendo con el objetivo referente a proponer un sistema de gestión de mantenimiento en los oleoductos de polietileno HDPE para mejorar la productividad en la empresa de

petróleo, Talara, es crucial para abordar los desafíos operativos y económicos que enfrenta la empresa. Este objetivo se alinea estrechamente con la teoría de la productividad y la teoría del mantenimiento predictivo, así como con los antecedentes proporcionados; donde consideremos la relación con la teoría de la productividad [14], la cual se define como la relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla. En el contexto de Talara, mejorar la productividad implica maximizar la eficiencia en la extracción, transporte y procesamiento de petróleo y sus derivados. La implementación de un sistema de gestión de mantenimiento efectivo en los oleoductos puede contribuir significativamente a mejorar la productividad al reducir los tiempos de inactividad, aumentar la disponibilidad de los equipos y prolongar su vida útil, tal como se evidencia en el antecedente [6] donde el tiempo de inactividad afecta negativamente a la productividad; por otra parte, la teoría del mantenimiento predictivo [18], se basa en la monitorización del estado de los equipos y la aplicación de técnicas analíticas para predecir fallos potenciales antes de que ocurran. La falta de implementación del mantenimiento predictivo, como se observa en el antecedente [7], donde la empresa solo seguía un enfoque de mantenimiento correctivo, conlleva a interrupciones de producción no programadas y pérdida de rentabilidad. Un sistema de gestión de mantenimiento en Talara que se base en el mantenimiento predictivo puede ayudar a prevenir estos problemas mediante la detección temprana de posibles fallas y la programación de intervenciones antes de que se conviertan en problemas mayores; también resaltan la importancia de contar con un enfoque integral de gestión de mantenimiento que incluya capacitación y especialización en el área, como se evidencia en los antecedentes [7] y [10]. La falta de conocimiento y capacitación puede ser una barrera significativa para la implementación exitosa del mantenimiento predictivo y otras estrategias de mejora. Por lo tanto, es fundamental que la empresa de Talara invierta en el desarrollo de habilidades y conocimientos en su personal para asegurar el éxito a largo plazo de su sistema de gestión de mantenimiento.

#### IV. Conclusiones

El diagnóstico reveló que los problemas principales de la empresa son la falta de regulación del mantenimiento y la carencia de capacitación, representando el 33% y 20% del total de respuestas, respectivamente. Antes de aplicar la propuesta, se diagnosticaron los siguientes indicadores de productividad: una eficacia de almacén del 85%, una eficiencia del 84% y una productividad total del 71%. Además, la disponibilidad era del 70%, la confiabilidad era de 8.6 horas, el tiempo medio entre fallas era de 159 horas y el tiempo medio de reparación era de 3.1 horas.

La gestión de mantenimiento se elaboró identificando los elementos críticos del sistema, los cuales fueron la bomba de carga y los oleoductos intermedios (nivel de criticidad de 184 y 192 respectivamente). Luego, se realizó un análisis AMEF de tales equipos especificando las acciones correctivas que disminuyan el número de prioridad de riesgos. A continuación, se ejecutó la planeación del programa de mantenimiento y el control de paradas para saber qué acciones tomar ante una avería o fallo. Por último, se implementaron las capacitaciones.

Posterior a la implementación de la gestión de mantenimiento, los resultados mostraron mejoras significativas: la eficacia aumentó del 84% al 96% (mejora del 12%), la eficiencia subió del 85% al 89% (incremento del 4%) y la productividad total pasó del 71% al 85% (incremento del 14%). La disponibilidad mejoró del 70% al 89% (mejora del 19%), la confiabilidad pasó de 8.6 horas a 20 horas (mejora de 11.4 horas), el tiempo medio entre fallas aumentó de 159 horas a 252.8 horas (incremento de 94 horas) y el tiempo medio de reparación se redujo de 3.1 horas a 2.1 horas (mejora de 1 hora).

El análisis costo-beneficio arrojó resultados positivos, con un índice de beneficio de 1.95, lo que implica que por cada S/.1 invertido, se obtiene una ganancia de S/. 0.95.

## V. Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa tener una regulación constante del mantenimiento y monitorear que se ejecute cada una de las capacitaciones al personal de la empresa, de tal manera que todos los trabajadores sepan cómo ejecutar correctamente las actividades en gestión del mantenimiento.
- Se recomienda llevar el cálculo de las horas de operación, horas de parada, data de fallas, tiempos medios entre fallas y los tiempos de reparación con la finalidad de obtener los niveles de indicadores correctos de la gestión de mantenimiento.
- Por otro lado, se sugiere que se monitoree el cumplimiento de las acciones correctivas ante una falla o avería, por otro lado, debe verificarse la ejecución de cada una de las actividades de mantenimiento en las semanas pre especificadas, con el objetivo de mejorar la productividad y continuar y el programa propuesto.
- Se recomienda revisar el programa semanal, mensual y trimestralmente, realizando la comparación de indicadores de la propuesta para evaluar el comportamiento y tomar acciones de mejora.
- Por último, se recomienda cumplir con los costos y compra de todos los materiales de la propuesta, además de ejecutar los gastos por capacitación, sin incurrir en la falta de ellos.



## REFERENCIAS

- [1] «Total Productive Maintenance (TPM) Analysis on Lathe Machines using the Overall Equipment Effectiveness Method and Six Big Losses - IOPscience». Accedido: 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1179/1/012089>
- [2] «Enhancing Productivity of CNC Machines by Total Productive Maintenance (TPM) implementation. A Case Study - IOPscience». Accedido: 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1169/1/012035>
- [3] R. Drewniak y Z. Drewniak, «Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil», PLOS ONE, vol. 17, n.o 9, p. e0274393, sep. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0274393.
- [4] M. P. Pai, C. G. Ramachandra, T. R. Srinivas, y M. J. Raghavendra, «A Study on Usage of Total Productive Maintenance (TPM) in Selected SMEs», IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 376, n.o 1, p. 012117, jun. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/376/1/012117.
- [5] E. Quezada, L. Pretel, C. Santamaría, N. Valencia, A. Yépez, y J. Cubas, «Design Proposal Of A Maintenance Management System For The Company Pesquera Pacasmayo E.I.R.L.», ago. 2021, Accedido: 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/meta/FP57.html>
- [6] «Maintenance Management Model under the TPM approach to Reduce Machine Breakdowns in Peruvian Giant Squid Processing SMEs - IOPscience». Accedido: 15 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/796/1/012006>
- [7] N. Malca, E. Wigberto, D. R. Echevarría, y L. Miguel, «TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE: Maestro en Gerencia de Operaciones y Logística».
- [8] L. G. F. Otiniano, «TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA».
- [9] A. M. C. Sánchez, «TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA EMPRESARIAL».
- [10] C. J. M. Ramos, «TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL».
- [11] N. Wang, F. Wu, y H. Wang, «A Customized IMOEA/D for Bi-Objective Single-Machine Scheduling with Adaptive Preventive Maintenance», Machines, vol. 11, n.o 9, 2023, doi: 10.3390/machines11090897.
- [12] G. Ding, K. Kaliyaperumal, y X. Wang, «A New Mathematical Model for Economic Ordering with Preventive Maintenance and Reworking in a Supply Chain», Discrete Dyn. Nat. Soc., vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/8636482.
- [13] I. 1 Nugraha, M. 2 Hisjam, y W. 2 1 M. P. of I. E. Sutopo, «Aggregate Planning Method as Production Quantity Planning and Control to Minimizing Cost», oct. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/943/1/012045.

- [14] S. Dehnavi-Arani y A. Hasani, «An integrated automated guided vehicle design problem and preventive maintenance planning», *Soft Comput.*, vol. 27, n.o 21, pp. 15873-15892, 2023, doi: 10.1007/s00500-023-08838-x.
- [15] M. Fekri, M. Heydari, y M. M. Mazdeh, «Two-objective optimization of preventive maintenance orders scheduling as a multi-skilled resource-constrained flow shop problem», *Decis. Sci. Lett.*, vol. 12, n.o 1, pp. 41-54, 2023, doi: 10.5267/j.dsl.2022.10.007.
- [16] S. Li, F. H. Dezfuli, M. S. Alam, y J.-Q. Wang, «Design, manufacturing, and performance evaluation of a novel smart roller bearing equipped with shape memory alloy wires», *Smart Mater. Struct.*, vol. 31, n.o 2, 2022, doi: 10.1088/1361-665X/ac4690.
- [17] J. Johnsson, T. Tufvesson, y J. Costa, «Characterization of D2 Tool Steel fabricated thru Fused Filament Fabrication Process», *UPorto J. Eng.*, vol. 9, n.o 3, pp. 181-193, 2023, doi: 10.24840/2183-6493\_009-003\_001844.
- [18] T. L. Kunrath, A. Dresch, y D. R. Veit, «Supply chain management and industry 4.0: A theoretical approach», *Braz. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 20, n.o 1, 2023, doi: 10.14488/BJOPM.1263.2023.
- [19] Y. He y Z. Gao, «Joint Optimization of Preventive Maintenance and Spare Parts Ordering Considering Imperfect Detection», *Systems*, vol. 11, n.o 9, 2023, doi: 10.3390/systems11090445.
- [20] T. O. Alamri y J. P. T. Mo, «Optimisation of Preventive Maintenance Regime Based on Failure Mode System Modelling Considering Reliability», *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 48, n.o 3, pp. 3455-3477, 2023, doi: 10.1007/s13369-022-07174-w.
- [21] S. O. Ongbali, S. Oladipupo, S. A. Afolalu, M. O. Udo, y R. O. Leramo, «Material efficiency: a key sustainable manufacturing strategy», *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1036, n.o 1, p. 012078, mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1036/1/012078.
- [22] S. Atatreh, M. S. Alyammahi, H. Vasilyan, T. Alkindi, y R. A. Susantyoko, «Evaluation of the infill design on the tensile properties of metal parts produced by fused filament fabrication», *Results Eng.*, vol. 17, 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.100954.
- [23] R. Hu et al., «Process of Pure Copper Fabricated by Selective Laser Melting (SLM) Technology under Moderate Laser Power with Re-Melting Strategy», *Materials*, vol. 16, n.o 7, 2023, doi: 10.3390/ma16072642.
- [24] H. Selmi, J. Brousseau, G. Caron-Guillemette, S. Goulet, J. Desjardins, y C. Belzile, «Weldability of 316L Parts Produced by Metal Additive Manufacturing», *J. Manuf. Mater. Process.*, vol. 7, n.o 2, 2023, doi: 10.3390/jmmp7020071.
- [25] J. P. Zamora Bonilla, *La lonja del saber: introducción a la economía del conocimiento científico*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2022. Accedido: 6 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://elibro.net/es/lc/bibsipan/titulos/217783?as\\_all=investigaci%C3%B3n\\_cient%C3%ADfica&as\\_all\\_op=unaccent\\_\\_icontains&prev=as](https://elibro.net/es/lc/bibsipan/titulos/217783?as_all=investigaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica&as_all_op=unaccent__icontains&prev=as)

[26] R. Drewniak y Z. Drewniak, «Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil», PLOS ONE, vol. 17, n.o 9, p. e0274393, sep. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0274393.

[27] C. M. Arispe Alburqueque, J. S. Yangali Vicente, y M. A. Guerrero Bejarano, La investigación científica: una aproximación para los estudios de posgrado. Universidad