

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO OLEODUCTO
EN PLANTA ENAP BIO-BIO**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:
Benjamin Ignacio Contreras Sanfuentes

Profesor Guía:
Guillermo Felipe Larson Muñoz

2023

Dedicatoria:

A mi familia por el apoyo incondicional

Mi mamá por estar conmigo en los momentos más difíciles

Mi papá que me ha ayudado a entender sobre esta área industrial.

A mi hermana por todas las veces que me ayudaba en pandemia cuando estaba
certámenes y se preocupaba de que no me faltara nada.

Mi abuelo que antes de fallecer me daba palabras de aliento para seguir
estudiando y que no abandonara todos los sacrificios que había hecho.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo y la ayuda de muchas personas. Agradezco a mi profesor guía Guillermo Larson Muñoz, por su guía y apoyo. Su orientación y sus comentarios me ayudaron a mejorar significativamente en mi trabajo.

Quiero agradecer a mis compañeros de estudio, Bladimir, Raúl y Gabriela por apoyo antes de los certámenes con las horas de estudios que le dedicamos para prepararnos enfrentar cada desafío y a mis profesores, quienes me brindaron su apoyo y aliento durante todo este proceso.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia y amigos, quienes me apoyaron incondicionalmente. Su amor y su comprensión me ayudaron a superar los momentos difíciles.

RESUMEN

El siguiente proyecto de titulación corresponde en crear una propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento oleoductos, que busca mejorar las condiciones de funcionamiento y trabajo en el mantenimiento oleoducto en la planta ENAP región del Bio-bio, de tal forma que dicha propuesta permita una mejor realización de las actividades que se realizan durante este mantenimiento.

Como primera instancia se realizó un estudio utilizando el método del diagrama de Ishikawa para distinguir los problemas que se presentan y la importancia que tienen para retrasar la actividad del mantenimiento.

Además, se incluye las especificaciones que tiene este proyecto y las actividades que se realizan, a través de apoyos fotográficos de visitas a terreno y el diseño de planos.

Así también se propone el diseñar un plan estratégico con el fin de capacitar al personal que estará a cargo de programar los siguientes mantenimientos en software SAP con clara ayudas de la implementación de un sistema de protección de tuberías para detectar fugas antes de que se produzcan que se verá en el monitoreo en tiempo real y así ayudar a realizar una mejora continua.

Posterior se agrega una evaluación económica de los costos que se requiere la adquisición de ciertos equipos y elementos que favorecerían a la mejora de la gestión del mantenimiento oleoductos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS 2

Objetivo general:..... 2

Objetivos específicos:..... 2

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO. 6

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 6

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 7

1.4. BENEFICIOS DEL PROYECTO. 8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 10

2.1 MANTENIMIENTO 12

2.2 PROCESO DE ELECCIÓN DE CAÑERÍAS..... 13

2.3 NORMATIVA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAÑERÍA 14

2.4 PROCESO DE EXCAVACIÓN PARA OLEODUCTOS EN ENAP 15

2.5 IMPORTANCIA DEL OLEODUCTO EN CHILE 17

2.6 ¿QUÉ ES UN PLAN ESTRATÉGICO? 17

CAPÍTULO III: ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO..... 21

3.1 Recorrido del oleoducto..... 23

3.2 Características de la cañería..... 23

3.3 Tipo de recubrimiento 24

3.4 Pruebas realizadas 24

3.5 Proceso del mantenimiento 24

CAPÍTULO IV: DISEÑO Y SOLUCIÓN 27

4.1 Definición de la propuesta del plan estratégico 30

4.1.1 Plan estratégico 31

4.2 Monitoreo en tiempo real 35

4.2.1 Sensor de fuga..... 36

4.2.2 Sensor de corrosión 37

4.2.3 Comparación entre ambos sensores..... 37

4.2.4 Instalación del sistema de protección cañería Raysense 39

4.2.5 Instalación del collar de transductor magnetostrictivo 41

4.2.6 Explicación del sensor a utilizar..... 43

4.3 Método de inspección 44

4.4 Limpieza de cañería.....46

4.5 Inventario 48

5.1 ASPECTO GENERAL DEL MANTENIMIENTO 53

5.1.1 Gastos generales 53

5.2 CIFRAS ACTUALES 56

5.3 CIFRAS DE IMPLEMENTACIÓN 59

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES 63

BIBLIOGRAFIA.....65

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1: ENAP refinería Bio-Bio
Fuentes: https://www.enap.cl/sala_prensa/noticias_detalle/general/1954/enap-ingresa-nuevos-proyectos-a-tramitacion-ambiental-para-su-refineria-bio-bio 1

figura 2: "Definición de problema" Fuente: Elaboración propia 8

figura 3: "Diagrama de Ishikawa" Fuente: Elaboración propia 8

figura 4: Plano oleoducto Fuente: Dossier IPMT..... 23

figura 5: Cañerías utilizadas en el mantenimiento Fuente: Dossier IPMT 23

figura 6: Recubrimiento de cañería Fuente: Dossier IPMT 24

figura 7: zanja descubierta Fuente: Dossier IPMT 25

figura 8: Plano de corte de la cañería Fuente: Dossier IPMT 25

figura 9: Agotamiento de napas con sistema de puntera Fuente: Dossier IPMT..... 26

figura 10: Esquema de uniones de soldadura Fuente: Dossier IPMT..... 26

figura 11: Recubrimiento HDPE Fuente: Dossier IPMT..... 27

figura 12: Recubrimiento de zanja Fuente: Dossier IPMT 27

figura 13: Organigrama de capacitación Fuente: Elaboración propia 33

figura	14:	Software	SAP
Fuente:	https://kanseicapacitacion.com/la-importancia-de-sap-business-one-finanzas-y-contabilidad/ 34		
figura	15:	Sistema de protección de cañerías	Raysense
Fuente:	https://www.rbtec.com/es/sensores-perimetrales-y-proteccion-subterranea/sistema-de-seguridad-de-proteccion-de-tuberias/raysenseleak 36		
figura	16:	Collar transductor	magnetostriectivo
Fuente:	https://www.infocorrosion.com/index.php/noticia/tecnologia/item/1354-nueva-tecnologia-de-deteccion-de-corrosion-detecta-fugas-en-tuber 37		
figura	17:	Robot	JettyRobot 6
Fuente:	https://www.jettyrobot.com/industry/inspection-of-pipelines 45		
figura	18:	Polly	PIG
Fuente:	https://www.aftind.com/es/productos/tuberias/limpieza-de-tuberias/ 45		
figura	19:	"Agua a alta presión"	
Fuente:	https://www.nexxo.cl/limpieza_agua_alta_presion 47		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma de implementación.....	32
Tabla 2: Cuadro comparativo	38
Tabla 3: Ventajas y desventajas del sistema de protección cañería Raysense	41
Tabla 4: Características métodos de inspección	45
Tabla 5: Ventajas y desventajas del lavado alta presión	47
Tabla 6: Dirección y supervisión	53
Tabla 7: Apoyo administrativo.....	54
Tabla 8: Gastos oficina faena	55
Tabla 9: Vehículos de faena	55
Tabla 10: Gastos financieros y total de G. generales contrato.....	56
Tabla 11: Costo total del mantenimiento oleoducto.....	57
Tabla 12: Costo de implementación	60
Tabla 13: Caja de flujo.....	61

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

ENAP	:	Empresa nacional del petróleo
%	:	Porcentaje.
°C	:	Grados Celsius.
°K	:	Grados Kelvin.
°F	:	Grados Fahrenheit.
CMMS	:	Computerized Maintenance Management System.
Tº	:	Temperatura.
ANSI	:	American National Standards Institute.
ASME	:	American Society of Mechanical Engineers.
API	:	American Petroleum Institute.
SAP	:	Systems, Applications, Products in Data Processing
ASTM	:	Sociedad estadounidense para prueba de materiales.
SAE	:	Society of Automotive Engineers.
Hz	:	Hertzios
kHz	:	Kilohercio
DVS	:	Sensor de vibración distribuido ultrasónico
ISO	:	International Organization for Standardization
SCH	:	Schedule
m	:	Metros
TPI	:	Interferencia de terceros
IP	:	Protocolo de internet
mm	:	Milímetros
END	:	Ensayos no destructivos
ERBB	:	Enap Refinería Bio-Bio
CBB	:	Cementos Bio-Bio
HDPE	:	Polietileno de alta densidad
RBTEC	:	Perimeter Secury Systems
SwRI	:	Southwest Research Institute
APU	:	Unidad de control Raysense
NCh	:	Instituto Nacional de Normalización de Chile
IPMT	:	Indeproip Montaje y Transporte Spa.

INTRODUCCIÓN

ENAP, siglas de empresa nacional del petróleo, es una compañía estatal chilena dedicada a la exploración, producción, refinación y comercialización de petróleo, gas natural y productos derivados. Fue fundada en 1950 y se ha convertido en la empresa energética de Chile, desempeñando un papel crucial en el suministro de combustibles y energía para el país.

También juega un papel importante en la promoción de la sustentabilidad y la responsabilidad ambiental. Ha implementado medidas para reducir el impacto ambiental de sus operaciones, fomentando el uso de energías renovables, mejorando la eficiencia energética y adoptando prácticas de gestión ambiental responsables. Tiene una presencia significativa tanto a nivel nacional como internacional. A nivel nacional, opera en diversas áreas de negocio, incluyendo la exploración y producción de petróleo y gas, la refinación de petróleo, la distribución de combustibles y lubricantes, y la generación y comercialización de energía eléctrica. La compañía cuenta con una extensa red de infraestructuras, que incluye refinación, terminales de almacenamiento, plantas de generación eléctrica y una amplia red de estaciones de servicio en todo el país.



figura 1: ENAP refinación Bio-Bio

Fuentes: https://www.enap.cl/sala_prensa/noticias_detalle/general/1954/enap-ingresa-nuevos-proyectos-a-tramitacion-ambiental-para-su-refineria-bio-bio

OBJETIVOS

Objetivo general:

Proponer una estrategia de mantenimiento para garantizar la seguridad y la confiabilidad del oleoducto, minimizando el riesgo de fallas y maximizando su vida útil a través de procedimientos y gestión de las actividades.

Objetivos específicos:

- Diseñar un plan estratégico para la utilización del software SAP en el mantenimiento de oleoducto.
- Emplear nueva tecnología de inspección para cañerías de transporte de fluidos.
- Buscar un nuevo método de limpieza correspondiente para cañerías.
- Realizar un estudio técnico económico que nos permita ver la factibilidad de la propuesta.

CAPÍTULO I:
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO.

Como objetivo del mantenimiento a oleoducto busca prevenir el deterioro de sus elementos para garantizar su seguridad, esto incluyen:

- Protección contra la corrosión externa de ductos enterrados.
- Protección contra la corrosión interna.
- Reparación y rehabilitación de tuberías.
- Reparación mediante la instalación de envolventes.
- Limpieza interior.

La importancia de llevar a cabo este mantenimiento genera un gran impacto, ya que las actividades que se realizan dependen mucho de la planificación y de una gestión que marque la diferencia para no tener ningún percance como "que las cañerías todavía tengan producto que se transporta" o "la indicación de lugar a reparar no haya correspondido al tramo que se debía trabajar".

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en diseñar un plan de mantenimiento predictivo que utilice todas las herramientas disponibles para aumentar la vida útil de las líneas de oleoducto. Esto es importante porque los oleoductos son esenciales para el transporte eficiente de petróleo crudo y productos derivados. Además, los oleoductos generan empleos, inversiones e ingresos para las comunidades locales, y mejoran la seguridad al minimizar el riesgo de derrames.

Sin embargo, los oleoductos también presentan desafíos, como el desgaste que puede provocar un deterioro, y las fallas, como la corrosión, ya que el petróleo crudo y los productos derivados son corrosivos, por lo que pueden dañar las cañerías con el tiempo, estas son sometidas a una tensión que puede generar una fatiga o rotura, también tenemos los desafíos ambientales que pueden generar un gran daño a la zona que se vería en la calidad del agua y el medio ambiente en general. Para abordar estos desafíos, se necesita un plan de mantenimiento eficiente. Este plan utilizará el software SAP para capacitar al personal que monitoreará las tuberías con sensores. Los sensores alertarán sobre posibles fugas y proporcionarán la ubicación exacta de la falla. Esto ayudará a mitigar los daños ambientales, las pérdidas económicas que serían en el costo de producción y posiblemente en la demanda que hayan requerido y los problemas de funcionamiento.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

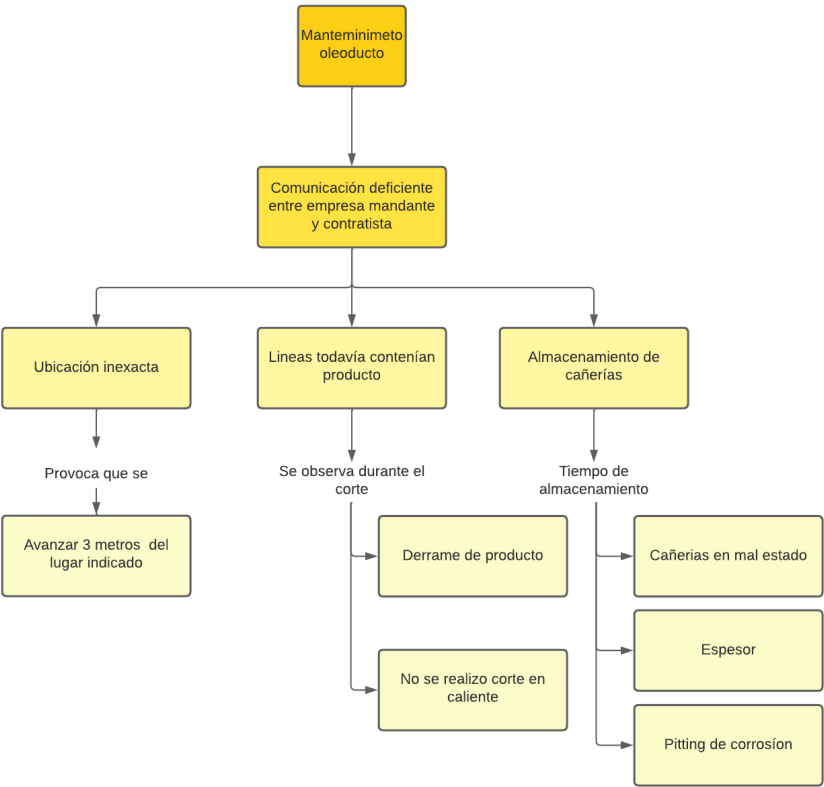
Durante el verano, realicé mis prácticas profesionales en la empresa IP Montaje y Transporte SPA. En ese contexto, participé en un proyecto de mantenimiento de ocho tramos de oleoductos que iban del terminal San Vicente a ERBB. Los tramos se encontraban en los siguientes puntos:

- Rotonda en Cementos Bio-Bio
- Cámara CAP
- Cementos Bio-Bio
- Cámara Golondrinas
- Planta EKA
- Planta OXY

Durante el desarrollo de las actividades, surgieron algunos inconvenientes, como malas indicaciones de ENAP, problemas de gestión y uso de materiales y herramientas inadecuados.

A raíz de estos problemas, me motivó proponer un plan de mantenimiento predictivo que incluyera los procedimientos y normas para cada actividad, así como una gestión que garantizara la calidad del trabajo y la finalización de las actividades en el tiempo previsto. También propuse buscar estrategias y herramientas que se adaptaran a cada situación que se presentara.

Creo que estas medidas son necesarias para realizar un mantenimiento adecuado de las líneas de oleoductos.



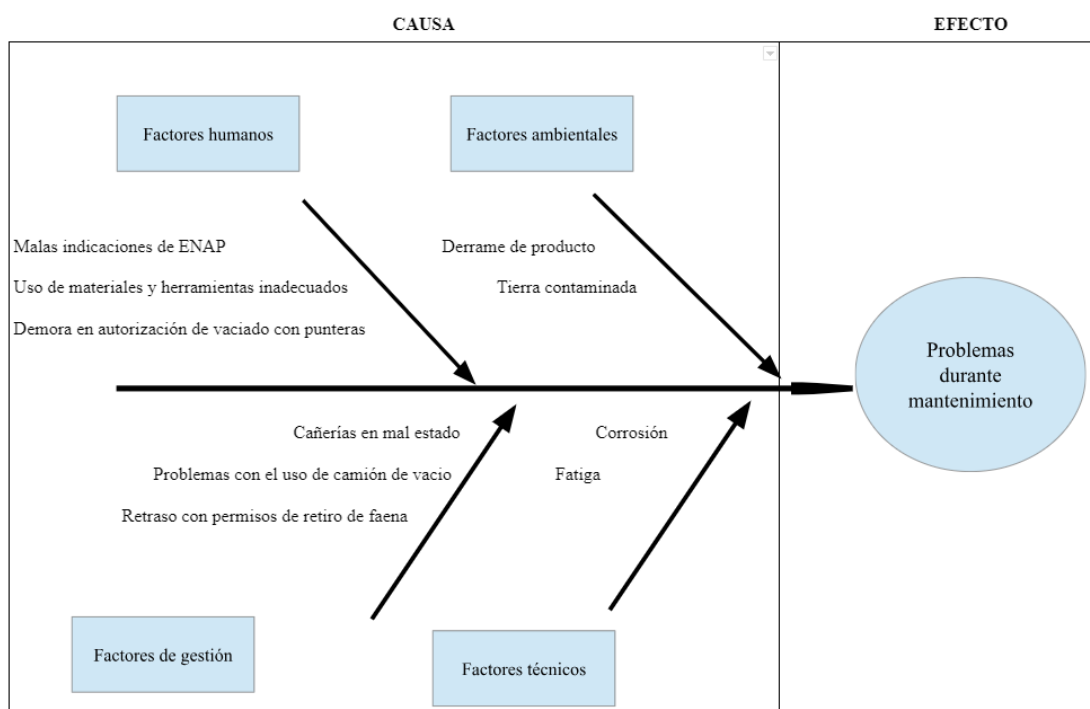


figura 3: "Diagrama de Ishikawa"
Fuente: Elaboración propia

1.4. **BENEFICIOS DEL PROYECTO.**

La mejora de la gestión del mantenimiento de oleoductos traerá consigo los siguientes beneficios:

- Mayor seguridad para el personal: El uso de herramientas y técnicas adecuadas reducirá el riesgo de accidentes.
- Aumento de la vida útil de las tuberías: La detección y reparación temprana de fallas ayudará a prolongar la vida útil de las tuberías.
- Mejor capacitación del personal: El uso del software SAP mejorará las habilidades del personal en el mantenimiento de oleoductos.
- Reducción de costos: La mejora de la eficiencia y la productividad reducirá los costos de mantenimiento.
- Mejor gestión y planificación: La implementación de sistemas de gestión de mantenimiento ayudará a optimizar los recursos.
- Mejor control de inventario: La implementación de un sistema de gestión de inventario ayudará a evitar la escasez de materiales.
- Mayor eficiencia en el transporte: La reducción de los tiempos de inactividad y los retrasos mejorará la eficiencia del transporte.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

2.1 MANTENIMIENTO

El mantenimiento industrial es el conjunto de actividades que se realizan para mantener o restaurar un sistema en un estado en el que pueda cumplir su función requerida. El objetivo del mantenimiento industrial es garantizar la disponibilidad, la fiabilidad y la seguridad de los sistemas.

Conceptos básicos

- Disponibilidad: Probabilidad de que un sistema esté en estado operativo cuando se requiera.
- Confiabilidad: Capacidad de un sistema para cumplir su función requerida durante un periodo de tiempo especificado.
- Seguridad: Ausencia de riesgo de lesiones o daños a personas, bienes o medio ambiente.

Clasificación del mantenimiento

El mantenimiento se puede clasificar en función de su finalidad, su frecuencia o su carácter.

Según su finalidad:

- Mantenimiento preventivo: Conjunto de actividades que se realizan para evitar la aparición de fallas.
- Mantenimiento correctivo: Conjunto de actividades que se realizan para restaurar el funcionamiento de un sistema después de una falla.
- Mantenimiento predictivo: Conjunto de actividades que se realizan para detectar las fallas antes de que se produzcan.

Según su frecuencia:

- Mantenimiento rutinario: Conjunto de actividades que se realizan con regularidad para mantener el funcionamiento de un sistema.
- Mantenimiento no rutinario: Conjunto de actividades que se realizan de forma no regular para atender a necesidades específicas.
- Según su carácter:
- Mantenimiento interno: Conjunto de actividades que se realizan por el personal de la empresa.
- Mantenimiento externo: Conjunto de actividades que se realizan por personal externo a la empresa.

Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento es el conjunto de actividades que se realizan para planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades de mantenimiento.

- Planificación del mantenimiento: Consiste en definir los objetivos, las estrategias y los planes de mantenimiento.
- Organización del mantenimiento: Consiste en asignar recursos y responsabilidades para la ejecución del mantenimiento.
- Dirección del mantenimiento: Consiste en supervisar y controlar la ejecución del mantenimiento.
- Control del mantenimiento: Consiste en recopilar y analizar información para evaluar el rendimiento del mantenimiento.

Tendencias en el mantenimiento industrial

Las principales tendencias en el mantenimiento industrial son las siguientes:

- Orientación hacia la confiabilidad: El objetivo es prevenir las fallas, en lugar de repararlas.
- Incorporación de tecnologías avanzadas: El uso de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el internet de las cosas, permite mejorar la eficiencia y la eficacia del mantenimiento.
- Mayor colaboración entre los diferentes actores: La colaboración entre los fabricantes, los proveedores, los operadores y los mantenedores es esencial para garantizar la eficiencia y la eficacia del mantenimiento.

2.2 PROCESO DE ELECCIÓN DE CAÑERÍAS

La selección de tuberías para oleoducto es un proceso complejo que debe considerar una serie de factores, incluyendo:

- El tipo de fluido que se transportará: El fluido transportado puede ser petróleo crudo, productos derivados del petróleo, o gas natural. Cada tipo de fluido tiene sus propias propiedades físicas, como la presión, la temperatura, y la viscosidad, que deben ser consideradas al seleccionar las tuberías.
- La cantidad de fluido que se transportará: El volumen de fluido que se transportará determina el diámetro y el espesor de la tubería.
- La distancia que se transportará el fluido: La longitud del oleoducto determina la cantidad de presión que deberá soportar la tubería.
- El entorno en el que se instalará la tubería: La tubería estará expuesta a una variedad de condiciones ambientales, como el clima, el terreno, y la actividad sísmica.

Factores de selección

Los factores más importantes que se deben considerar al seleccionar tuberías para oleoducto son los siguientes:

- Material: El material de la tubería debe ser fuerte y duradero para soportar las presiones y las temperaturas extremas a las que se someterá. Los materiales más comunes para tuberías de oleoducto son el acero, el acero inoxidable, y el hormigón.
- Diámetro: El diámetro de la tubería debe ser suficiente para transportar el volumen de fluido requerido. El diámetro de la tubería también afecta a la presión que deberá soportar la tubería.
- Espesor de pared: El espesor de la pared de la tubería debe ser suficiente para soportar la presión del fluido.
- Tipo de costura: Las tuberías sin costura son más fuertes y duraderas que las tuberías con costura.
- Juntas: Las juntas deben ser seguras y fáciles de instalar.

Proceso de selección

El proceso de selección de tuberías para oleoducto suele seguir los siguientes pasos:

- Definición de los requisitos: El primer paso es definir los requisitos del oleoducto. Esto incluye la cantidad de fluido que se transportará, la distancia que se transportará el fluido, y las condiciones ambientales en las que se instalará la tubería.
- Selección del material: Una vez que se han definido los requisitos, se puede seleccionar el material de la tubería.
- Cálculo del diámetro y el espesor de la pared: El diámetro y el espesor de la pared de la tubería se calculan en función de los requisitos del oleoducto y del material seleccionado.
- Selección del tipo de costura: La costura de la tubería se selecciona en función de los requisitos del oleoducto y del material seleccionado.
- Selección de las juntas: Las juntas se seleccionan en función de los requisitos del oleoducto y del material seleccionado.

2.3 NORMATIVA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAÑERÍA

Para garantizar la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia de sus sistemas de ductos, ENAP utiliza una serie de normativas internacionales y nacionales. Estas normativas establecen los requisitos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de las cañerías.

Normativas internacionales

Las principales normativas internacionales que utiliza ENAP para cañerías son las siguientes:

- API 5L: Esta norma establece los requisitos para la construcción, inspección y prueba de tuberías de acero al carbono para uso en la industria del petróleo y el gas.
- API 570: Esta norma establece los requisitos para la inspección y prueba de tuberías de acero al carbono para uso en la industria del petróleo y el gas.
- API 580: Esta norma establece los requisitos para la instalación de tuberías de acero al carbono para uso en la industria del petróleo y el gas.
- API 650: Esta norma establece los requisitos para el diseño, construcción, inspección y prueba de estanqueidad de tanques de almacenamiento de petróleo y gas.
- API 653: Esta norma establece los requisitos para el diseño, construcción, inspección y prueba de sistemas de tuberías de hidrocarburos.

Normativas nacionales

Además de las normativas internacionales, ENAP también utiliza otras normativas específicas para sus operaciones en Chile. Estas normativas incluyen las siguientes:

- Reglamento de Seguridad y Prevención de Riesgos en la Industria del Petróleo y Gas: Este reglamento establece los requisitos de seguridad para las instalaciones de petróleo y gas en Chile.
- Reglamento de Seguridad para la Construcción y Operación de Sistemas de Ductos de Hidrocarburos: Este reglamento establece los requisitos de seguridad para los sistemas de ductos de hidrocarburos en Chile.
- Norma NCh 2079: Esta norma establece los requisitos para la instalación de tuberías de acero al carbono para uso en la industria del petróleo y el gas en Chile.

ENAP también tiene sus propias normativas internas para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sus cañerías. Estas normativas están diseñadas para complementar las normativas nacionales e internacionales

2.4 PROCESO DE EXCAVACIÓN PARA OLEODUCTOS EN ENAP

Los oleoductos son sistemas de transporte de hidrocarburos que se utilizan para transportar petróleo crudo y productos derivados. Estos sistemas son esenciales para la industria del petróleo y el gas, ya que permiten el transporte de grandes volúmenes de hidrocarburos de forma segura y eficiente.

La construcción de un oleoducto es un proceso complejo que requiere una planificación cuidadosa. Uno de los pasos más importantes de la construcción es la excavación de la zanja para la instalación de la tubería

Proceso de excavación

El proceso de excavación para la construcción de un oleoducto consta de los siguientes pasos:

- Planificación: El primer paso es planificar la excavación. Se debe determinar la ruta del oleoducto, las condiciones del terreno y los métodos de excavación que se utilizarán.
- Limpieza del terreno: El siguiente paso es limpiar el terreno para la excavación. Se deben eliminar los árboles, arbustos y otros obstáculos que puedan interferir con la excavación.
- Excavación: La excavación se puede realizar de varias maneras, dependiendo de las condiciones del terreno. Los métodos más comunes son la excavación manual, la excavación mecanizada y la excavación con explosivos.
- Colocación de la tubería: Una vez que se ha excavado la zanja, se coloca la tubería en su lugar. La tubería se puede colocar manualmente o mediante equipos mecánicos.
- Relleno de la zanja: Una vez que se ha colocado la tubería, se rellena la zanja. El relleno se puede realizar con tierra, arena u otros materiales.
- Compactación del relleno: El relleno se debe compactar para asegurar que la tubería quede firme en su lugar. La compactación se puede realizar manualmente o mediante equipos mecánicos.
- Inspección: Una vez que se ha rellenado la zanja, se debe inspeccionar la tubería para detectar cualquier daño.
- Sellado de la zanja: El último paso es sellar la zanja para proteger la tubería de la corrosión y otros daños. El sellado se puede realizar con hormigón, asfalto u otros materiales.

Seguridad en la excavación

La seguridad es una prioridad para ENAP en todos sus proyectos. ENAP cuenta con un equipo de profesionales experimentados que se encargan de garantizar la seguridad de los trabajadores y del público en general durante la construcción de oleoductos.

ENAP utiliza una serie de medidas de seguridad para prevenir accidentes durante la excavación, entre las que se incluyen:

- Inspección previa del terreno: Antes de comenzar la excavación, ENAP realiza una inspección del terreno para identificar posibles riesgos, como la presencia de cables eléctricos u otros servicios subterráneos.

- Etiquetado del área de trabajo: El área de trabajo se debe etiquetar claramente para advertir a las personas sobre el riesgo de excavación.
- Uso de equipo de seguridad: Los trabajadores deben utilizar equipo de seguridad adecuado, como cascos, gafas de seguridad y botas de seguridad.
- Supervisión de la excavación: La excavación debe ser supervisada por un profesional calificado para garantizar que se cumplan todas las medidas de seguridad.

2.5 IMPORTANCIA DEL OLEODUCTO EN CHILE

El oleoducto es una infraestructura estratégica para Chile por las siguientes razones:

- Garantía de suministro de petróleo: Chile es un país importador de petróleo, y el oleoducto es un medio seguro y confiable para garantizar el suministro de este recurso.
- Seguridad energética: El oleoducto permite diversificar las fuentes de suministro de petróleo, lo que mejora la seguridad energética del país.
- Eficiencia logística: El oleoducto es una forma eficiente de transportar petróleo a largas distancias, lo que reduce los costos de transporte y logística.

Impacto del oleoducto en la economía chilena

El oleoducto tiene un impacto positivo en la economía chilena, ya que genera empleo, impulsa el desarrollo industrial y contribuye a la seguridad energética del país

Ejemplos de la importancia del oleoducto en Chile

El oleoducto ha sido fundamental para el desarrollo de la industria petrolera en Chile. En particular, ha permitido el desarrollo de la refinería de Aconcagua, que es la principal fuente de combustibles líquidos del país.

En la actualidad, el oleoducto está jugando un papel importante en el desarrollo del yacimiento de Vaca Muerta, en Argentina. El oleoducto Trasandino, que conecta Chile con Argentina, está siendo rehabilitado para transportar petróleo de Vaca Muerta al Pacífico.

2.6 ¿QUÉ ES UN PLAN ESTRATÉGICO?

Un plan estratégico es un documento que define la dirección y el propósito de una organización, así como los objetivos y las estrategias para alcanzarlos. Es una herramienta esencial para la gestión empresarial, ya que proporciona un marco para la toma de decisiones y la asignación de recursos.

Definición

La definición de plan estratégico más aceptada es la siguiente:

"Un plan estratégico es un documento formal que establece los objetivos y las estrategias de una organización para un período de tiempo determinado" (Thompson y Strickland, 2017).

Este documento debe ser elaborado por la alta dirección de la organización, en colaboración con los demás niveles de la empresa. Debe ser realista y alcanzable, y debe tener en cuenta el entorno externo e interno de la organización.

Objetivos del plan estratégico

Los objetivos del plan estratégico son los resultados que la organización quiere alcanzar en un período de tiempo determinado. Estos objetivos deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales (SMART).

Los objetivos del plan estratégico pueden ser de diferentes tipos:

Objetivos financieros: se refieren al rendimiento financiero de la organización, como la rentabilidad, el crecimiento o la generación de beneficios.

Objetivos de mercado: se refieren a la posición de la organización en el mercado, como la cuota de mercado, la satisfacción del cliente o la innovación.

Objetivos operativos: se refieren a la eficiencia y eficacia de los procesos internos de la organización, como la productividad, la calidad o la seguridad.

Estrategias para alcanzar los objetivos

Las estrategias son las acciones que la organización va a llevar a cabo para alcanzar sus objetivos. Las estrategias deben ser coherentes con los objetivos y deben tener en cuenta el entorno externo e interno de la organización.

Las estrategias pueden ser de diferentes tipos:

Estrategias de crecimiento: se centran en el crecimiento de la organización, ya sea a través de la expansión geográfica, el desarrollo de nuevos productos o servicios o la adquisición de otras empresas.

Estrategias de diferenciación: se centran en hacer que la organización sea única y diferente de sus competidores.

Estrategias de liderazgo de costes: se centran en reducir los costes para ser más competitivos.

Proceso de elaboración del plan estratégico

El proceso de elaboración del plan estratégico suele seguir los siguientes pasos:

Análisis del entorno: en este paso se analiza el entorno externo e interno de la organización para identificar las oportunidades y amenazas que enfrenta.

Definición de la misión y la visión: en este paso se definen la misión y la visión de la organización, que son su razón de ser y su objetivo a largo plazo.

Establecimiento de los objetivos: en este paso se establecen los objetivos de la organización, que deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales.

Desarrollo de las estrategias: en este paso se desarrollan las estrategias que la organización va a llevar a cabo para alcanzar sus objetivos.

Implementación del plan: en este paso se implementa el plan estratégico, asignando recursos y responsabilizándose de su ejecución.

Seguimiento y evaluación: en este paso se realiza un seguimiento del plan para identificar los progresos realizados y tomar las medidas necesarias para corregir los desvíos.

CAPÍTULO III:
ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

3.1 Recorrido del oleoducto

Las líneas de oleoducto se extienden desde ERBB hasta el terminal San Vicente, una distancia total de 6.519 metros. Para identificar los lugares donde se producen fallas, se dividen en 13 tramos. En el caso que estudié durante mi práctica, se repararon 8 tramos de una de las líneas, ubicados en las plantas OXY, EKA, Cementos Bio-Bio, la cámara Las golondrinas, la cámara CAP y la rotonda de CBB.

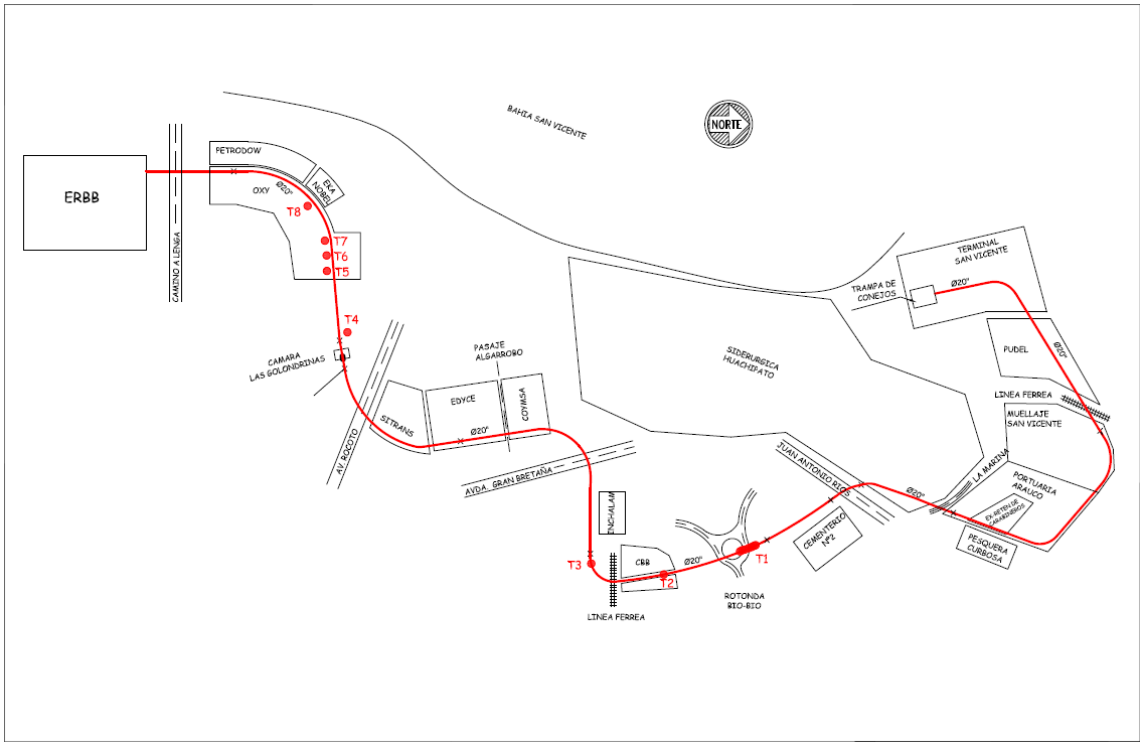


figura 4: Plano oleoducto
Fuente: Dossier IPMT

3.2 Características de la cañería

Las cañerías son fundamental en la industria en este caso el propósito de estas es el transporte de petróleo crudo, productos refinados, suministrar a terminales de almacenamiento, reducción de emisiones y riesgos.

Las que corresponden en este proyecto es la siguiente:

- Cañería SCH 20"
- API 5L grado X42
- Espesor de 6 ,35mm



figura 5: Cañerías utilizadas en el mantenimiento
Fuente: Dossier IPMT

3.3 Tipo de recubrimiento

El recubrimiento que se utilizó para prevenir la corrosión y productos derivados del petróleo a través de la larga distancia que recorren, para así garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo del tiempo.

Corresponde a la siguiente:

- Termofusionable HDPE.



*figura 6: Recubrimiento de cañería
Fuente: Dossier IPMT*

3.4 Pruebas realizadas

Las pruebas que nos permiten verificar la integridad estructural y funcional de la cañería se realizan antes de que el oleoducto vuelva a operar a su capacidad nominal.

Estas pruebas se clasifican en dos categorías:

- Pruebas no destructivas:
 - Tintas penetrantes
 - Holiday
 - Gammagrafía
 - Prueba hidrostática.

3.5 Proceso del mantenimiento

El proceso que se debe seguir para poder realizar un mantenimiento como corresponde es el siguiente:

- 1.- Identificación e instalación de faena en la ubicación del tramo.
- 2.- Excavación manual y/o mecánica con apoyo de retroexcavadora.

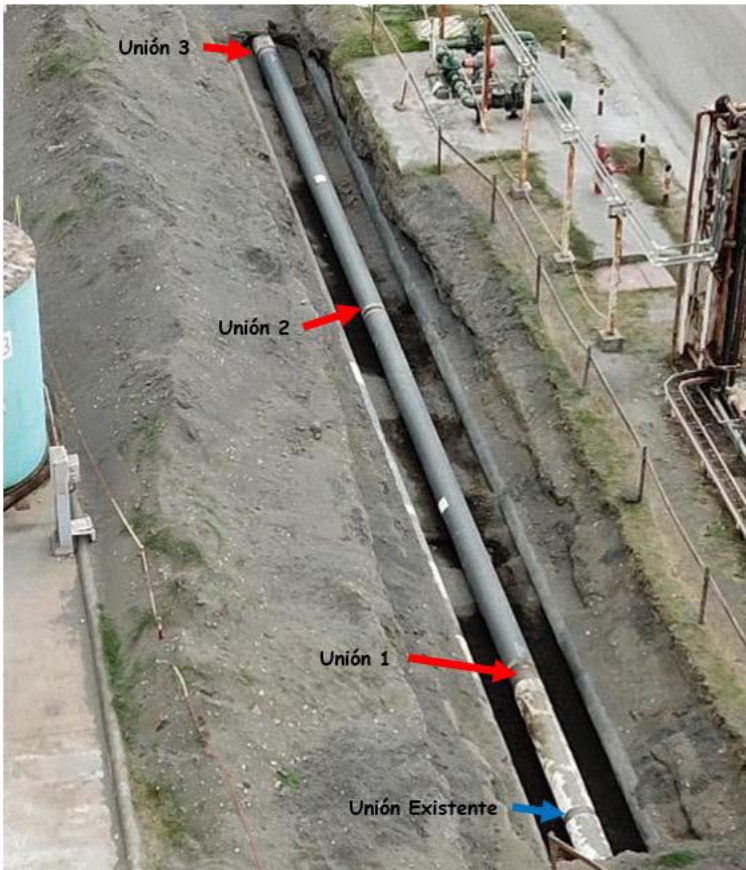


figura 7: zanja descubierta
Fuente: Dossier IPMT

3.- Corte en frio y/o en caliente

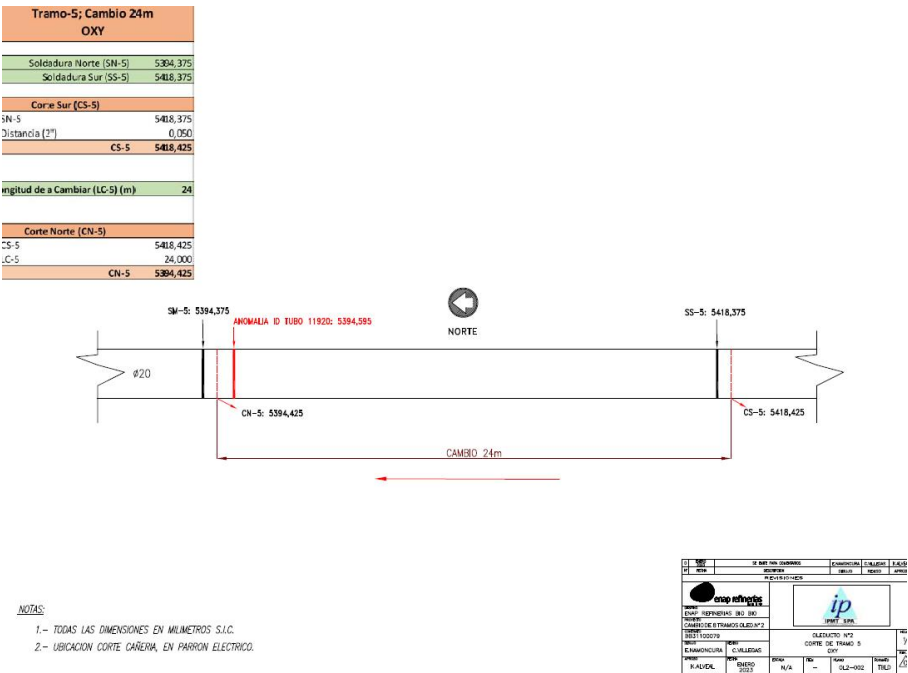


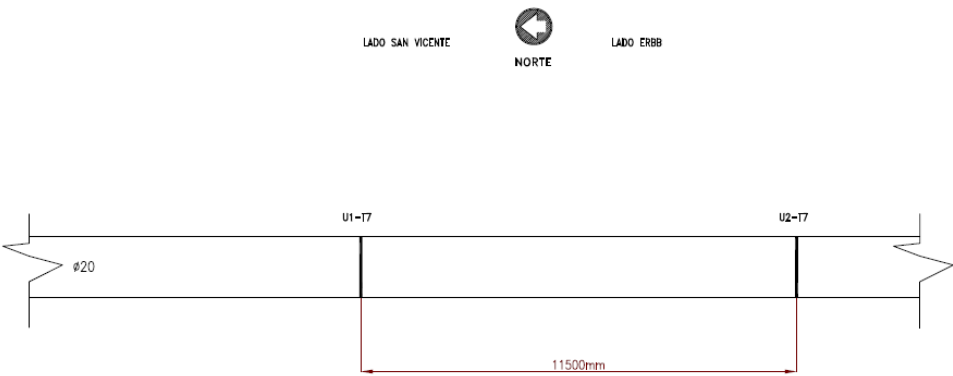
figura 8: Plano de corte de la cañería
Fuente: Dossier IPMT

4.- Agotamiento de napas con bombas sumergible o sistema de punteras.



figura 9: Agotamiento de napas con sistema de puntera
Fuente: Dossier IPMT

5.- Soldadura en las uniones que se repararon



NOTAS:
1.- TODAS LAS DIMENSIONES EN MILIMETROS S.I.C.

DT	IPMT	DE LAS OBRAS	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION
DT	IPMT	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION

figura 10: Esquema de uniones de soldadura
Fuente: Dossier IPMT

6.- Recubrimiento de las cañerías, actividad que se realiza para aumentar la vida útil de la reparación y para evitar que se dañe la cañería.



figura 11: Recubrimiento HDPE
Fuente: Dossier IPMT

7.- Recubrimiento de la zanja, actividad que se realiza para cubrir los lugares donde se trabajó para la reparación



figura 12: Recubrimiento de zanja
Fuente: Dossier IPMT

CAPÍTULO IV:
DISEÑO Y SOLUCIÓN

4.1 Definición de la propuesta del plan estratégico

ENAP cuenta con un software de gestión llamado SAP, pero no lo utiliza de manera óptima en la mayoría de las actividades que se realizan en su planta. Esto se debe a que la empresa no lo utiliza a su 100%, lo que genera problemas en la planificación y ejecución de las actividades.

En particular, la falta de uso de SAP en el mantenimiento de oleoducto genera los siguientes problemas:

- Planificación deficiente: La información sobre las actividades de mantenimiento no se registra de forma completa o precisa en SAP. Esto dificulta la planificación de las actividades y puede provocar retrasos y sobrecostos.
- Malas comunicaciones: La información sobre las actividades de mantenimiento se transmite de forma incompleta o errónea a la empresa contratista. Esto puede generar malentendidos y conflictos entre las dos empresas.
- Mayor riesgo de accidentes: La falta de información y la mala comunicación pueden aumentar el riesgo de accidentes durante el mantenimiento de oleoducto.

Para abordar estos problemas, ENAP debe diseñar un plan estratégico para mejorar el uso de SAP en el mantenimiento de oleoducto. Este plan debe incluir las siguientes estrategias:

- Capacitación: Se capacitará a los trabajadores de ENAP y de la empresa contratista en el uso de SAP para el mantenimiento de oleoducto.
- Implementación de procesos estandarizados: Se implementarán procesos estandarizados para la planificación, ejecución y seguimiento de las actividades de mantenimiento.
- Mejora de la comunicación: Se mejorará la comunicación entre ENAP y la empresa contratista.

La implementación de estas estrategias permitirá lograr los siguientes beneficios:

- Mejora de la planificación: La información sobre las actividades de mantenimiento estará disponible de forma completa y precisa en SAP. Esto facilitará la planificación de las actividades y reducirá el riesgo de retrasos y sobrecostos.
- Mejora de la comunicación: La información sobre las actividades de mantenimiento se transmitirá de forma clara y precisa a la empresa contratista. Esto reducirá los malentendidos y mejorará la coordinación entre las dos empresas.

- Reducción del riesgo de accidentes: La información y la comunicación adecuadas ayudarán a reducir el riesgo de accidentes durante el mantenimiento de oleoducto.

El plan estratégico debe ser implementado de forma coordinada por ENAP y la empresa contratista. Para garantizar el éxito del plan, es importante contar con el compromiso de todas las partes involucrada.

4.1.1 Plan estratégico

Para la capacitación y utilización del software SAP para el mantenimiento de oleoducto será el siguiente:

Objetivo:

Implementar un plan estratégico para la capacitación y utilización del software SAP para el mantenimiento de oleoducto, que permita mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos de mantenimiento, a través de:

- Reducción de los tiempos de inactividad de las líneas de oleoducto.
- Mejora de la planificación y programación de las actividades de mantenimiento.
- Optimización de la utilización de los recursos.
- Reducción del riesgo de accidentes.

Alcance:

El plan se aplicará a todos los trabajadores involucrados en el mantenimiento e inspección de las líneas de oleoducto, tanto de la empresa mandante como la empresa contratista.

Plazo:

El plan se implementará en un plazo de al menos de 12 meses.

Estrategia:

Las estrategias para lograr los objetivos del plan son las siguientes:

- Elaboración de un plan de capacitación: Se elaborará un plan que incluya los siguientes aspectos:
 - Objetivos de la capacitación serán los siguientes:
 - Que los trabajadores conozcan los fundamentos del software SAP para el mantenimiento e inspección de oleoducto.

- Puedan utilizar el software SAP para realizar las tareas de mantenimiento de forma eficiente y eficaz.
- Perfil de los participantes: Los participantes en la capacitación serán todos los trabajadores involucrados en el mantenimiento, tanto de la empresa mandante como de la empresa contratista.
- Contenido de la capacitación incluirá los siguientes temas:
 - Introducción al software SAP
 - Mantenimiento de oleoducto
 - Utilización del software SAP para el mantenimiento.
- La metodología de la capacitación será la siguiente:
 - Capacitación teórica
 - Capacitación práctica
- Los recursos necesarios para aplicar esta capacitación son las siguientes:
 - Instructores capacitados
 - Materiales de capacitación
 - Infraestructura adecuada
- Se implementará el plan de acuerdo con los lineamientos establecidos.
- También se realizará un seguimiento y evaluación de la capacitación para garantizar su efectividad.

Metas:

Las metas del plan son las siguientes:

- 100% de trabajadores capacitados en el uso del software SAP para el mantenimiento de oleoducto.
- Mejora del 15% en la eficiencia de los procesos de mantenimiento.

Cronograma:

El cronograma de implementación del plan es el siguiente:

Tabla 1: Cronograma de implementación

Mes	Actividad
1	Elaboración del plan de capacitación
2 a 12	Implementación del plan de capacitación
13	Seguimiento y evaluación de la capacitación

Presupuesto:

El presupuesto para la implementación del plan será de \$2.500.000

Responsables:

Los responsables de la implementación del plan son los siguientes:

- Gerente de mantenimiento: Responsable de la supervisión general del plan.
- Jefe de recurso humano: Responsable de la elaboración y ejecución del plan.
- Jefe de mantenimiento: Responsable de la coordinación de la implementación del plan con la empresa contratista.

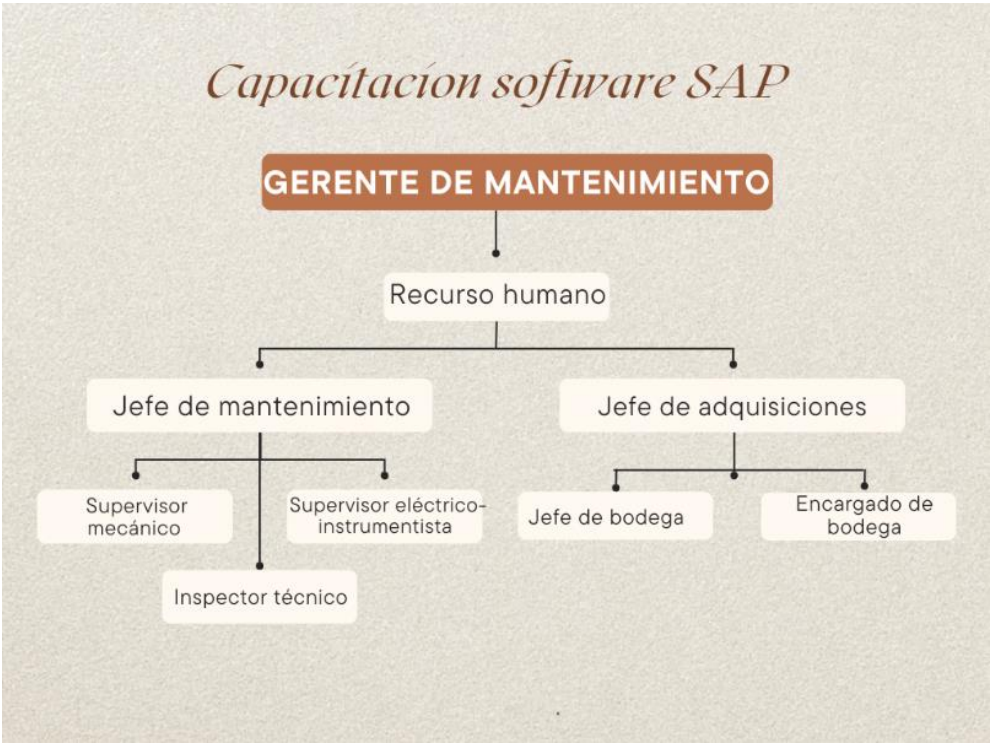


*figura 13: Organigrama de capacitación
Fuente: Elaboración propia*

Mecanismos de control:

Los mecanismos de control para el seguimiento del plan son los siguientes:

- Seguimiento del progreso de la capacitación: El gerente de capacitación se reunirá periódicamente con los responsables de la capacitación para evaluar el progreso del plan.
- Evaluación de los resultados de la capacitación: Al finalizar la capacitación, se realizará una evaluación de los resultados para determinar su efectividad.

Análisis de riesgo:

Los riesgos asociados a la implementación del plan son las siguientes:

- Cambios en los requerimientos del software SAP: En caso de que se produzcan cambios en los requerimientos, el plan de capacitación deberá ser actualizado para reflejar estos cambios.
- Falta de compromiso de los trabajadores: Si los trabajadores no están comprometidos con la capacitación, es posible que no logren adquirir las competencias necesarias para utilizar el software SAP de forma efectiva.
- Recursos insuficientes: Si los recursos asignados a la implementación del plan son insuficientes, es posible que el plan no se implemente de forma efectiva.

Medidas de mitigación:

Para mitigar los riesgos asociados a la implementación del plan, se implementarán las siguientes medidas:

- Establecimiento de un comité de seguimiento: Se establecerá un comité de seguimiento, integrado por representantes de la empresa mandante y de la empresa contratista, para monitorear el progreso del plan.
- Desarrollo de un plan de comunicación: Se desarrollará un plan de comunicación para informar a los trabajadores sobre el plan de capacitación y motivarlos a participar en el mismo.
- Asignación de recursos suficientes: Se asignarán recursos suficientes para la implementación del plan, incluyendo recursos humanos, financieros y tecnológicos para llevar a cabo este plan estratégico.



figura 14: Software SAP

Fuente: <https://kanseicapacitacion.com/la-importancia-de-sap-business-one-finanzas-y-contabilidad/>

4.2 Monitoreo en tiempo real

Al utilizar esta herramienta que es fundamental para mejorar la gestión del mantenimiento oleoducto. Permitirá a los operadores a recopilar datos de sobre el estado de las cañerías de forma continua y automática. Esto facilitaría la detección de problemas potenciales antes que se conviertan en fallas, esto lo haría de la siguiente manera:

- Mejora de la seguridad: El monitoreo en tiempo real puede ayudar a detectar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas. Esto puede ayudar a prevenir accidentes y daños a la infraestructura.
- Reducción de costos: El monitoreo en tiempo real puede ayudar a identificar los problemas de mantenimiento antes de que se conviertan en fallas. Esto puede ayudar a reducir los costos de mantenimiento y reparación.
- Mejora de la eficiencia: El monitoreo en tiempo real puede ayudar a optimizar los procesos de mantenimiento. Esto puede ayudar a mejorar la eficiencia y la eficacia de las actividades de mantenimiento.

Ejemplos de cómo el monitoreo en tiempo real puede mejorar la gestión del mantenimiento de oleoductos:

- Un aumento en la presión de un oleoducto puede indicar una fuga. El monitoreo en tiempo real puede alertar a los operadores de este problema, lo que les permitirá tomar medidas para evitar una falla.
- Una disminución en la temperatura de un oleoducto puede indicar un problema de corrosión. El monitoreo en tiempo real puede alertar a los operadores de este problema, lo que les permitirá tomar medidas para prevenir la corrosión.
- Un cambio en la composición del producto transportado por un oleoducto puede indicar un problema de contaminación. El monitoreo en tiempo real puede alertar a los operadores de este problema, lo que les permitirá tomar medidas para evitar la contaminación.

Consideraciones para la implementación del monitoreo en tiempo real:

- La implementación del monitoreo en tiempo real requiere la instalación de sensores y equipos de recopilación de datos.
- Los datos recopilados por los sensores deben ser procesados y analizados para detectar problemas potenciales.
- El monitoreo en tiempo real debe ser integrado con los sistemas de gestión de mantenimiento existentes.

Para mejorar la eficiencia de datos que vayamos recopilando a través del monitoreo en tiempo real, debemos que incorporar unos sensores que vayan

captando distintos tipos de señales que se producen dentro de las cañerías. Estos serían un sensor de fuga y/o un sensor de corrosión.

4.2.1 Sensor de fuga

El sensor de fuga elegido para identificar las posibles fallas y permitir la recolección de información a través del software SAP es el siguiente:



figura 15: Sistema de protección de cañerías Raysense

Fuente: <https://www.rbtec.com/es/sensores-perimetrales-y-proteccion-subterranea/sistema-de-seguridad-de-proteccion-de-tuberias/raysenseleak>

Este pertenece a la empresa RBTEC y es un sistema de protección de cañerías Raysense, que protege hasta 50 km por APU contra interferencias de terceros (TPI), fugas, intentos de interceptación ilegal y excavación no autorizadas.

Las características que tienes este sistema son las siguientes:

- Todo en uno: La misma unidad y cable protegen contra fugas, TPI y excavaciones.
- Es el primer sensor de vibración distribuido ultrasónico (DVS) de localización del mundo.
- Hasta 50 km por procesamiento, sin límite en la red.
- Localiza un evento de TPI, golpeteo o fuga a una resolución de $\pm 10M$ / ± 30 pies en toda la longitud.
- Detección basada en firma: detección de frecuencia de amplio rango, 3 Hz a 500 kHz.
- No requiere electrónica ni energía en el campo.
- Control remoto y monitoreo basados en IP con integración de terceros.

4.2.2 Sensor de corrosión

El sensor de corrosión elegido para identificar los lugares donde se esté produciendo una gran cantidad de corrosión que dañe el fluido y la cañería es el siguiente:



figura 16: Collar transductor magnetostrictivo

Fuente:

<https://www.infocorrosion.com/index.php/noticia/tecnologia/item/1354-nueva-tecnologia-de-deteccion-de-corrosion-detecta-fugas-en-tuber>

Este sensor utiliza tecnología de ondas guiadas por ultrasonido para detectar anomalías en la cañería, lo que permite a los usuarios evitar fugas antes que comiencen, es desarrollada por SwRI.

Las características que tiene este sensor son las siguientes:

- Temperatura: 400 °F, es decir, puede trabajar a 204.4 °C.
- Cuenta con 8 sensores integrados.
- Capta la información a través de ondas guiadas por ultrasonido.
- Detecta y ubica de mejor forma las anomalías tanto axial como circunferencia

4.2.3 Comparación entre ambos sensores

Para mejorar la toma de decisión sobre el sensor a implementar, es necesario considerar los siguientes factores:

- Requisitos del sistema: El sensor debe ser capaz de detectar las posibles fallas que se pueden producir en el sistema.
- Costo: El sensor debe ser rentable para la empresa.
- Facilidad de instalación y mantenimiento: El sensor debe ser fácil de instalar y mantener.

- Interoperabilidad: El sensor debe ser compatible con el software SAP.

Una vez que se hayan considerado estos factores, se puede realizar una evaluación de los diferentes sensores disponibles en el mercado. La evaluación debe considerar las características técnicas de los sensores, así como las opiniones de expertos en el área.

La implementación de un sensor adecuado permitirá mejorar la eficiencia del mantenimiento, al detectar las posibles fallas con anticipación. Esto reducirá los tiempos de inspección visual y evitará que las fallas se conviertan en incidentes o accidentes.

Tabla 2: Cuadro comparativo

Criterios	Sistema de protección cañerías Raysense	Collar transductor magnetostrictivo
Empresa	RBTEC	SwRI
Función	Detecta fugas, TPI y excavaciones	Detecta fugas y corrosión en la cañería
Temperatura (°T)	500 °F	400 °F
Rango de medición	3 Hz a 500 kHz	-
Captación de información	Vibraciones distribuido ultrasónico	Ondas guidas por ultrasonido
Tipo de energía	No requiere electrónica ni energía en el campo	Conexión por cable
Interoperabilidad con SAP	Si	Si

Los dos sensores, el de vibración distribuida (DVS) y el collar de transductor magnetostrictivo (MTE), son similares en sus características, por lo que cualquiera de ellos puede ser implementado para el mantenimiento de oleoductos.

La implementación de un sensor de fugas en un oleoducto permite detectar una falla antes de que suceda, lo que evita el derrame de petróleo. El derrame de petróleo puede causar daños ambientales, económicos y sociales. Además, puede provocar problemas de salud para las personas que viven en la zona afectada.

La detección temprana de una falla también permite reducir el costo de las reparaciones inesperadas. Las reparaciones de emergencia suelen ser más costosas que las reparaciones planificadas.

Finalmente, la implementación de un sensor de fugas aumenta la confiabilidad del sistema. Un oleoducto libre de fugas es un oleoducto que funciona de manera segura y eficiente.

4.2.4 Instalación del sistema de protección cañería Raysense

El sistema de protección de tuberías Raysense es un sistema de detección de fugas basado en la tecnología de vibración distribuida (DVS). El sistema utiliza una serie de sensores ubicados a lo largo de la tubería para detectar vibraciones causadas por fugas.

La instalación del sistema de protección de tuberías Raysense consta de los siguientes pasos:

- Planificación: El primer paso es planificar la instalación del sistema. Esto incluye la selección de los sensores adecuados, la ubicación de los sensores y la planificación de la conexión al software de monitoreo.
- Instalación de los sensores: Una vez que se haya planificado la instalación, se pueden instalar los sensores. Los sensores se pueden instalar en la tubería de forma manual o mediante un equipo automático.
- Conexión al software de monitoreo: Los sensores se conectan al software de monitoreo para recopilar y analizar los datos. El software de monitoreo permite a los usuarios visualizar las lecturas de los sensores y recibir alertas de fugas.

Paso 1: Planificación

El primer paso es planificar la instalación del sistema. Esto incluye la selección de los sensores adecuados, la ubicación de los sensores y la planificación de la conexión al software de monitoreo.

Selección de los sensores

- El sistema Raysense utiliza una variedad de sensores para detectar fugas. Los sensores se pueden clasificar según el tipo de vibración que detectan:
- Sensores de vibración de cuerpo entero: Estos sensores detectan vibraciones que se propagan por toda la tubería.
- Sensores de vibración de superficie: Estos sensores detectan vibraciones que se propagan por la superficie de la tubería.

Ubicación de los sensores

Los sensores se deben colocar a lo largo de la tubería de forma que detecten las fugas de forma eficaz. La distancia entre los sensores depende del tamaño de la tubería y del tipo de sensor utilizado.

Conexión al software de monitoreo

Los sensores se conectan al software de monitoreo para recopilar y analizar los datos. El software de monitoreo permite a los usuarios visualizar las lecturas de los sensores y recibir alertas de fugas

Paso 2: Instalación de los sensores

Una vez que se haya planificado la instalación, se pueden instalar los sensores. Los sensores se pueden instalar en la tubería de forma manual o mediante un equipo automático

Instalación manual

La instalación manual de los sensores es el método más común. Los sensores se pueden instalar con un taladro o un destornillador.

Instalación automática

La instalación automática de los sensores es un método más rápido y eficiente. Se utiliza un equipo automático para perforar agujeros en la tubería y colocar los sensores.

Paso 3: Conexión al software de monitoreo

Los sensores se conectan al software de monitoreo para recopilar y analizar los datos. El software de monitoreo se puede instalar en una computadora local o en una nube.

Conexión local

La conexión local es el método más común. Los sensores se conectan a un concentrador que, a su vez, se conecta a una computadora local.

Conexión en la nube

La conexión en la nube es un método más eficiente. Los sensores se conectan directamente a la nube, lo que permite a los usuarios acceder a los datos desde cualquier lugar.

Mantenimiento

El sistema de protección de tuberías Raysense requiere un mantenimiento regular para garantizar su funcionamiento eficaz. El mantenimiento incluye la inspección de

los sensores para detectar daños y la calibración de los sensores para garantizar que detectan las fugas de forma precisa.

Tabla 3: Ventajas y desventajas del sistema de protección cañería Raysense

Ventajas	Desventajas
Alta confiabilidad del sistema para detectar fugas	Alto costo de implementación
Precisión a la hora de detectar fugas, incluso en condiciones difíciles.	Instalación del sistema puede ser compleja.
Flexibilidad en adaptación de la cañería y aplicaciones.	Requiere un mantenimiento regular
Eficiencia para reducir los costos de mantenimiento y reparación	

4.2.5 Instalación del collar de transductor magnetostrictivo

La instalación de un collar transductor magnetostrictivo (MTE) consta de los siguientes pasos:

Preparación:

- Identificar la ubicación del collar: El collar se debe instalar en un lugar donde la tubería esté libre de obstrucciones y donde sea fácil acceder a él para el mantenimiento.
- Preparar la tubería: La tubería debe estar limpia y libre de corrosión.
- Recopilar las herramientas y el equipo necesarios: Se necesitarán las siguientes herramientas y equipo:
 - Taladro
 - Destornillador
 - Cinta métrica
 - Guantes de seguridad
 - Gafas de seguridad
 - Casco de seguridad

Instalación del collar:

1. Perforar un agujero en la tubería: El agujero debe ser del tamaño adecuado para el collar.
2. Insertar el collar en el agujero: El collar debe estar alineado correctamente con la tubería.

3. Apretar el collar: El collar debe estar apretado firmemente para evitar que se afloje.

Conexión del cable:

1. Pelar el aislamiento del cable: El cable debe estar pelado lo suficiente para que los terminales puedan conectarse al collar.
2. Conectar el cable al collar: Los terminales del cable deben conectarse a los terminales del collar.
3. Asegurar el cable: El cable debe estar asegurado para evitar que se afloje.

Prueba del collar:

1. Conectar el collar a un generador de señal: El generador de señal debe generar una señal de frecuencia variable.
2. Medir la salida del collar: La salida del collar se debe medir con un osciloscopio.
3. Comprobar la respuesta del collar: La respuesta del collar debe ser la esperada.

Precauciones de seguridad:

- Utilizar siempre equipo de protección personal: Se deben utilizar guantes de seguridad, gafas de seguridad y casco de seguridad para proteger al instalador de posibles lesiones.
- Evitar perforar la tubería: Si se perfora la tubería, se debe reparar inmediatamente para evitar fugas.
- No apretar demasiado el collar: El collar debe estar apretado firmemente para evitar que se afloje, pero no demasiado para evitar dañar la tubería.
- Información adicional
- Los collares MTE se utilizan para detectar fugas en tuberías.
- El collar genera una señal de frecuencia variable que se puede utilizar para detectar cambios en la frecuencia causados por una fuga.
- La instalación del collar MTE es un procedimiento sencillo que puede ser realizado por personal capacitado.

Paso a paso:

1. Preparación

1. Identifique la ubicación del collar. El collar se debe instalar en un lugar donde la tubería esté libre de obstrucciones y donde sea fácil acceder a él para el mantenimiento.
2. Prepare la tubería. La tubería debe estar limpia y libre de corrosión.
3. Recopile las herramientas y el equipo necesario

2. Instalación del collar

1. Perfore un agujero en la tubería. El agujero debe ser del tamaño adecuado para el collar.
2. Inserte el collar en el agujero. El collar debe estar alineado correctamente con la tubería.
3. Apriete el collar. El collar debe estar apretado firmemente para evitar que se afloje.

3. Conexión del cable

1. Pele el aislamiento del cable. El cable debe estar pelado lo suficiente para que los terminales puedan conectarse al collar.
2. Conecte el cable al collar. Los terminales del cable deben conectarse a los terminales del collar.
3. Asegure el cable. El cable debe estar asegurado para evitar que se afloje.

4. Prueba del collar

1. Conecte el collar a un generador de señal. El generador de señal debe generar una señal de frecuencia variable.
2. Mida la salida del collar. La salida del collar se debe medir con un osciloscopio.
3. Compruebe la respuesta del collar. La respuesta del collar debe ser la esperada.

Precauciones de seguridad

- Utilice siempre equipo de protección personal.
- Evite perforar la tubería.
- No apriete demasiado el collar.

4.2.6 Explicación del sensor a utilizar

La detección de fallas en oleoductos es una tarea esencial para garantizar la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia de estos sistemas. Las fallas pueden causar derrames de petróleo, contaminación ambiental, daños a la propiedad y pérdidas económicas.

Características del sistema Raysense:

El sistema Raysense es un sistema de detección de fallas en oleoductos basado en la tecnología de vibración distribuida (DVS). El sistema utiliza una serie de sensores ubicados a lo largo de la tubería para detectar vibraciones causadas por una falla.

El sistema Raysense tiene una serie de características que lo convierten en una opción atractiva para la detección de fallas en oleoductos:

- Rango de medición amplio: El sistema Raysense tiene un rango de medición de hasta 100 kilómetros. Esto significa que puede cubrir la distancia total de un oleoducto, incluso si está enterrado.
- No se ve afectado por el entorno: El sistema Raysense no se ve afectado por el entorno, como la corrosión o la suciedad. Esto significa que puede funcionar de forma confiable durante toda la vida útil del oleoducto.
- Eficacia probada: El sistema Raysense ha sido probado en una amplia variedad de condiciones y ha demostrado ser eficaz en la detección de fallas.

Beneficios de implementar el sistema Raysense:

La implementación del sistema Raysense ofrece una serie de beneficios, entre los que se incluyen:

- Prevención de derrames de petróleo: La detección temprana de una falla puede ayudar a prevenir derrames de petróleo, que pueden causar daños ambientales y económicos.
- Reducción de costos de mantenimiento: La detección de fallas puede ayudar a reducir los costos de mantenimiento al permitir que las reparaciones se realicen de forma proactiva antes de que se produzca un derrame.
- Aumento de la confiabilidad: La detección de fallas puede ayudar a aumentar la confiabilidad de los oleoductos al reducir el riesgo de derrames y otras interrupciones.

El sistema Raysense es una opción eficaz y rentable para la detección de fallas en oleoductos. La implementación de este sistema puede ayudar a proteger el medio ambiente, reducir los costos y aumentar la confiabilidad de los oleoductos.

4.3 Método de inspección

Las dos opciones que tenemos para inspeccionar la cañería de oleoductos son las siguientes:

1. Robot autónomo con cámara de inspección
2. PIG

Características:

Encontraremos las características de los métodos de inspección del cual deberemos elegir el que más nos sirva para poder inspeccionar las líneas de oleoductos.

Tabla 4: Características métodos de inspección

Características	Robot autónomo con cámara de inspección	PIG
Distancia	50 metros	45 km
Mín. Diámetro de la tubería	14"	2"
Máx. Diámetro de la tubería	28"	46"
Función	Inspección, medición, limpieza	Inspección, medición, limpieza
Limpieza	criogénica con hielo seco	Técnica química.

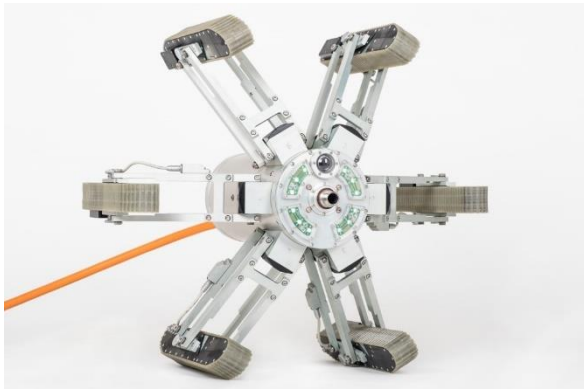


figura 17: Robot JettyRobot 6
Fuente: <https://www.jettyrobot.com/industry/inspection-of-pipelines>



figura 18: Polly PIG
Fuente: <https://www.aftind.com/es/productos/tuberias/limpieza-de-tuberias/>

Al tener las características de cada método de inspección podremos identificar bien cuál es el mejor. El más factible es el PIG, ya que puede recorrer más distancia y esto lograremos recolectar más información de la inspección que realizaremos, también ayuda a medir el espesor de cada tramo que pase detectando irregulares que causen

un problema a futuro, como una de las funciones del PIG es medir, este mismo va almacenando la información si procesar para después realizar un análisis detallado y esto lo logra con las mediciones ultrasónicas, para tener una inspección más completa de las cañerías. De igual manera esto ayudará a limpiar la cañería en caso de que hayan quedado residuos al interior.

4.4 Limpieza de cañería

La limpieza de la línea de oleoducto es una tarea fundamental que debe realizarse antes de cualquier mantenimiento. Una mala limpieza puede generar graves problemas, tanto ambientales como de seguridad.

Impacto ambiental

El principal riesgo de una mala limpieza es el derrame de producto. Esto puede causar una contaminación significativa del medioambiente, afectando a la tierra, las aguas subterráneas y la fauna silvestre. Además, puede dar lugar a multas y sanciones económicas.

Impacto en la seguridad

Los trabajadores que realizan el mantenimiento de las líneas de oleoducto deben realizar cortes en caliente. Si la línea no está limpia, existe el riesgo de que se produzca un incendio, lo que podría causar lesiones graves o incluso la muerte de los trabajadores.

Retrasos en el mantenimiento

Si la línea de oleoducto no está vacía, es necesario vaciarla con un camión de vacío. Esto puede causar retrasos en el mantenimiento, ya que requiere tiempo y recursos.

La mejor manera de solucionar estos problemas mencionados anteriormente es haciendo la siguiente limpieza:

Es el lavado a alta presión, con este método de limpieza se logrará un trabajo eficiente y seguro para limpiar las cañerías, ya que utiliza agua a alta presión para eliminar los residuos, las impurezas y otros contaminantes de las cañerías. Esto hace que sea un método eficaz y rentable.

Proceso del lavado a alta presión.

El lavado de alta presión es un método que utiliza agua a alta presión para eliminar la suciedad, las incrustaciones y otros residuos. El lavado de alta presión es un método

eficaz para limpiar tuberías de oleoducto, ya que puede eliminar incluso las incrustaciones más pesadas.

Los beneficios que trae hacer una limpieza con este método son las siguientes:

- Eliminación eficaz de los residuos, las impurezas y la corrosión
- Mejora del rendimiento de la tubería.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Aumento de la seguridad de los trabajadores.

Tabla 5: Ventajas y desventajas del lavado alta presión

Ventajas	Desventajas
Limpieza eficaz de tubería	Requiere mucho tiempo para llevar a cabo el proceso de limpieza
Es adecuada para tuberías de varios tamaños	Puede causar daños a las tuberías si no se realiza correctamente
Mejora la eficiencia general y la confiabilidad de las tuberías	Puede requerir el cierre de las operaciones de la tubería durante el proceso de limpieza
Ayuda a garantizar una puesta en marcha segura y sin problemas de las tuberías	Puede resultar en un alto consumo energético.



figura 19: "Agua a alta presión"
Fuente: https://www.nexxo.cl/limpieza_agua_alta_presion

4.5 Inventario

Al tener el software SAP ya implementado en la planta ENAP y con el personal capacitado resultará más fácil el uso de este, permitiendo aprovechar todas las funciones que nos entrega, una de ellas sería la organización de inventario como ya se mencionaba en el planteamiento del problema, lo que ocasiono haber tenido almacenado tanto tiempo las cañerías genero un retraso en las actividades del mantenimiento. Es fundamental utilizar el software SAP para organizar de una manera que podamos ir registrando de forma fácil para encontrarlas.

En la organización de inventario de cañerías que se requiere implementar en ENAP debemos tener en cuenta los siguientes factores:

- Las características de las cañerías: El inventario debe incluir información sobre las características de las cañerías, como el material, el diámetro, la longitud, la presión de trabajo y el producto que transportan.
- La ubicación de las cañerías: El inventario debe incluir información sobre la ubicación de las cañerías, incluyendo la región, la provincia, la comuna y la localidad.
- El estado de las cañerías: El inventario debe incluir información sobre el estado de las cañerías, incluyendo el nivel de corrosión, las fugas y los daños.

Para cumplir con este objetivo, debemos identificar los pasos a seguir para que esto funcione de una manera ordena y coherente, ya que es importante porque se puede seguir implementando para otros materiales, equipos, vehículos y herramientas que se encuentren al interior de la planta y asegurar la planificación de cada uno de los proyectos que se estén desarrollando.

1.- Recopilación de datos: En primer lugar, es necesario recopilar toda la información relevante sobre las cañerías, incluyendo la información proporcionada por los planos, las inspecciones y los registros de mantenimiento.

2.- Clasificación de datos: Una vez recopilada la información, es necesario clasificarla por características, ubicación, año de ingreso y estado.

3.- Creación de un sistema de codificación: Es importante crear un sistema de codificación para identificar las cañerías de forma única.

4.- Creación de un inventario digital: el inventario debe almacenarse en un sistema digital para facilitar su acceso y uso.

Una vez organizado el inventario, se debe mantener actualizado con la información más reciente sobre las cañerías. Esto se debe hacer mediante la recopilación periódica de datos de las inspecciones y el mantenimiento.

CAPÍTULO V:
EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 **ASPECTO GENERAL DEL MANTENIMIENTO**

5.1.1 **Gastos generales**

En los gastos generales que tenemos para poder realizar el mantenimiento oleoducto debemos que desglosarlo de la siguiente manera para identificar el costo que se obtendrá hasta el término del proyecto:

En el personal indirecto que estará a cargo de supervisar e informar de los avances del proyecto a la empresa mandante

Tabla 6: Dirección y supervisión

A) DIRECCION Y SUPERVISION					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	V. UNIT. \$	CANT. TRABAJADORES	V. TOTAL \$
1	Administrador de Contrato	MES	\$ 2.500.000	1	\$ 2.500.000
2	Jefe de Calidad	MES	\$ 1.680.000	1	\$ 1.680.000
3	Jefe de Seguridad y MA	MES	\$ 1.680.000	1	\$ 1.680.000
4	Jefe de Terreno	MES	\$ 1.680.000	1	\$ 1.680.000
5	Supervisor	MES	\$ 1.500.000	2	\$ 3.000.000
6	Inspector QA/QC	MES	\$ 1.200.000	1	\$ 1.200.000
7	Asesor en Prevención de Riesgos	MES	\$ 1.200.000	2	\$ 2.400.000
	Turno Nocturno				
8	Supervisor	MES	\$ 1.500.000	0,5	\$ 750.000
9	Asesor en Prevención de Riesgos	MES	\$ 1.200.000	0,5	\$ 600.000
	Costo Empresa				
10	Costo Empresa personal dirección	%	14,82%		\$ 2.295.618
				SUBTOTAL (MES - TOTAL)	\$ 17.785.618

También se debe tener apoyo administrativo que se encargará de los recursos humanos y en transportar los materiales a los tramos que se estén reparando.

Tabla 7: Apoyo administrativo

B) APOYO ADMINISTRATIVO					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	V. UNIT. \$	CANT. TRABAJADORES	V. TOTAL \$
1	Administrativo de RRHH	MES	\$ 2.006.594	1	\$ 2.006.594
2	Expeditor	MES	\$ 2.595.748	1	\$ 2.595.748
3	Eléctrico	MES	\$ 2.006.594	2	\$ 4.013.188
4	Conductor	MES	\$ 2.006.594	2	\$ 4.013.188
	Costo Empresa				
5	Costo Empresa personal administrativo	%	14,82%		\$ 1.871.576
				SUBTOTAL (MES - TOTAL)	\$ 14.500.294

Debemos tener en cuenta los gastos de oficina faena que correspondería a lo siguiente:

Tabla 8: Gastos oficina faena

C) GASTOS OFICINA FAENA					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	V. UNIT. \$	CANT.	V. TOTAL \$
1	Alimentación de Personal	MES	\$ 10.668	416	\$ 4.437.888
2	Implementación Depto. HSE y MA	MES	\$ 3.250.000	0,5	\$ 1.625.000
3	Implementación Depto. Calidad	MES	\$ 4.750.000	0,5	\$ 2.375.000
4	Servicio de Guardias	MES	\$ 4.200.000	0,5	\$ 2.100.000
5		MES			\$ 0
6		MES			\$ 0
7		MES			\$ 0
8		MES			\$ 0
				SUBTOTAL (MES - TOTAL)	\$ 10.537.888

Los vehículos que tendremos a disposición para realizar las operaciones o movimientos son los siguientes:

Tabla 9: Vehículos de faena

D) VEHICULOS FAENA					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	V. UNIT. \$	CANT.	V. TOTAL \$
1	Camionetas de Operaciones	MES	\$ 1.250.000	1	\$ 1.250.000
2	Combustible de Camionetas	MES	\$ 450.000	1	\$ 450.000
3	Bus Transporte de Personal	MES	\$ 3.600.000	1	\$ 3.600.000
4	Camión 3/4 transporte de Materiales	MES	\$ 1.950.000	1	\$ 1.950.000
5	Combustible de Camión	MES	\$ 750.000	1	\$ 750.000
6		MES			\$ 0
				SUBTOTAL (MES - TOTAL)	\$ 8.000.000

Por último, los gastos financieros que son los seguros y boletas de garantías que tenemos, con el total de los gastos generales del contrato.

Tabla 10: Gastos financieros y total de G. generales contrato

E) GASTOS FINANCIEROS					
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	V. UNIT. \$	CANT.	V. TOTAL \$
1	Boleta de Garantía Seriedad Oferta	MES	\$ 456.000	0,5	\$ 228.000
2	Oficina Central	MES	\$ 6.475.000	1	\$ 6.475.000
3	Seguro Responsabilidad Civil de Vehículos (Min. 500 UF)	MES	\$ 257.956	1	\$ 257.956
4	Seguro Equipos Móviles del Contratista (Min. 500 UF)	MES	\$ 240.760	1	\$ 240.760
5	Seguros Accidentes Personales C.D. (Min 5.000 UF)	MES	\$ 1.934.675	1	\$ 1.934.675
6	Seguros Accidentes Personales C.I. (Min 5.000 UF)	MES	\$ 202.066	1	\$ 202.066
					\$ 0
					\$ 0
SUBTOTAL (MES - TOTAL)					\$ 9.338.457
TOTAL G. GENERALES MENSUAL					\$ 60.162.257
TOTAL G. GENERALES CONTRATO					\$ 120.324.513

5.2 CIFRAS ACTUALES

En el mantenimiento oleoducto el costo que tiene para poder reparar es alto debido a todos los recursos que se deben tener para llevar a cabo el proyecto, ya que se necesita tener una cuadrilla amplia para poder intervenir 2 tramos a la vez, herramientas y equipos certificados. Cada una de las actividades tiene un valor para así realizar un costo dependiendo de los recursos utilizados y horas que nos lleve en llevar a cabo la actividad.

Esto se divide por tramos que se repararán:

Tabla 11: Costo total del mantenimiento oleoducto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Total, unitario \$
1	Instalación de faena	mes	2	\$ 23.344.131	\$ 46.688.262
2	TRAMO N°1: EN ROTONDA BIO-BIO, 54 m aproximados				
2.1	Instalación de Cañería	m	54	\$ 5.405.512	\$ 291.897.648
2.2	Excavación	m3	285	\$ 52.146	\$ 14.861.610
2.3	Recubrimiento tricapa	ml	5	\$ 111.079	\$ 555.395
2.4	Permiso Municipal y MOP, Honorarios	GL	1	\$ 2.151.585	\$ 2.151.585
2.5	Rellenos	m3	285	\$ 36.257	\$ 10.333.245
3	TRAMO N°2 Lado norte de CBB, 4 m aproximados				
3.1	Instalación de Cañería	m	4	\$ 2.421.003	\$ 9.684.012
3.2	Excavación	m3	35	\$ 52.146	\$ 1.825.110
3.3	Recubrimiento tricapa	ml	2	\$ 111.079	\$ 222.158
3.4	Rellenos	m3	35	\$ 36.257	\$ 1.268.995
4	TRAMO N°3 EN RECINTO CAP, cercano a cámara CAP, 5 m aproximados				
4.1	Instalación de Cañería	m	5	\$ 2.421.003	\$ 12.105.015
4.2	Excavación	m3	35	\$ 52.146	\$ 1.825.110
4.3	Recubrimiento tricapa	ml	2	\$ 111.079	\$ 222.158
4.4	Rellenos	m3	35	\$ 36.257	\$ 1.268.995
5	TRAMO N°4 EN RECINTO OXY, 5 m aproximados				
5.1	Instalación de Cañería	m	5	\$ 2.421.003	\$ 12.105.015
5.2	Excavación	m3	35	\$ 52.146	\$ 1.825.110
5.3	Recubrimiento tricapa	ml	2	\$ 111.079	\$ 222.158
5.4	Rellenos	m3	35	\$ 36.257	\$ 1.268.995
6	TRAMO N°5 EN RECINTO OXY, 24 m aproximados				
6.1	Instalación de Cañería	m	24	\$ 3.084.243	\$ 74.021.832

6.2	Excavación	m3	135	\$ 52.146	\$ 7.039.710
6.3	Recubrimiento tricapa	ml	3	\$ 111.079	\$ 333.237
6.4	Rellenos	m3	135	\$ 36.257	\$ 4.894.695
7	TRAMO N°6 EN RECINTO OXY, 8,5 m aproximados				
7.1	Instalación de Cañería	m	8,5	\$ 2.421.003	\$ 20.578.526
7.2	Excavación	m3	57,5	\$ 52.146	\$ 2.998.395
7.3	Recubrimiento tricapa	ml	3	\$ 111.079	\$ 333.237
7.4	Rellenos	m3	57,5	\$ 36.257	\$ 2.084.778
8	TRAMO N°7 EN RECINTO OXY, 4 m aproximados				
8.1	Instalación de Cañería	m	12	\$ 2.421.003	\$ 29.052.036
8.2	Excavación	m3	75	\$ 52.146	\$ 3.910.950
8.3	Recubrimiento tricapa	ml	2	\$ 111.079	\$ 222.158
8.4	Rellenos	m3	75	\$ 36.257	\$ 2.719.275
9	TRAMO N°8 EN RECINTO EKA, 4 m aproximados				
9.1	Instalación de Cañería	m	4	\$ 2.421.003	\$ 9.684.012
9.2	Excavación	m3	35	\$ 52.146	\$ 1.825.110
9.3	Recubrimiento tricapa	ml	2	\$ 111.079	\$ 222.158
9.4	Rellenos	m3	35	\$ 36.257	\$ 1.268.995
10	Prueba hidrostática final al Oleoducto N°2	GL-UNI	1	\$ 9.263.799	\$ 9.263.799
11	Retiro y reposición de Jardines (incluye pastelones de vereda), sector Rotonda Bio-Bio	m2	500	\$ 31.234	\$ 15.617.000
12	Alguna obra o requerimiento especial que sea requerido por unos de los propietarios donde pasan nuestros oleoductos (contra fractura más el % de gestión).	%	20%	\$ 0	\$ 0
13	Tarifado (unidad base indicada en cada caso)				
13.1	Instalación de recubrimiento tricapa	ML	1	\$ 121.718	0
13.2	Cambio de tramo oleoducto adicional	ML	1	\$ 2.652.892	0
13.3	Zanja adicional	ML	1	\$ 340.275	0
13.4	Retiro de tierra contaminada	M3	1	\$ 274.511	0

- Mantenimiento para el sensor.

Tabla 12: Costo de implementación

ÍTEM	Nombre	Precio Unitario
1	Sistema de protección de tuberías Raysense	\$ 13.637.700
2	Polly PIG	\$ 18.183.700
3	Lavado a alta presión	\$ 5.000.000
4	Capacitación	\$ 2.500.000
5	Mantenimiento	\$ 27.275.400
TOTAL, DE LA	Implementación	\$ 84.413.100

Para poder presentar la propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de oleoducto, es necesario realizar un flujo de caja que permita identificar los beneficios que se obtendrán al implementar las ideas propuestas.

El flujo de caja es una herramienta financiera que permite registrar los ingresos y egresos de dinero durante un período de tiempo determinado. En este caso, el flujo de caja permitirá identificar los costos de implementación de las propuestas, así como los ahorros o ingresos adicionales que se generarán como resultado de su implementación.

La identificación de los beneficios es importante para comprobar la factibilidad de la propuesta. Si los beneficios superan los costos, la propuesta es viable y se puede implementar.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de los beneficios que se pueden identificar mediante el flujo de caja:

- Reducción de costos: Las propuestas de mejora pueden generar ahorros en los costos de mantenimiento, como, por ejemplo, al reducir la frecuencia de las inspecciones o al utilizar materiales más eficientes.
- Aumento de la disponibilidad: Las propuestas de mejora pueden ayudar a aumentar la disponibilidad del oleoducto, lo que puede generar ahorros en costos de producción o en pérdidas de ventas.
- Mejora de la seguridad: Las propuestas de mejora pueden ayudar a mejorar la seguridad del oleoducto, lo que puede generar ahorros en costos de seguros o en pérdidas por accidentes.

La realización de un flujo de caja es un paso importante para presentar una propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de oleoducto. El flujo de caja permitirá identificar los beneficios que se obtendrán con la implementación de las propuestas, lo que ayudará a comprobar su factibilidad.

Tabla 13: Caja de flujo

Flujo de caja						
Detalles de ingreso	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027	Año 2028
Mantenimiento oleoducto	\$ -	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478
Total, de ingresos	\$ -	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478	\$596.400.478
Detalles de implementación	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027	Año 2028
Capacitación	\$ 2.500.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Sistema de protección tubería Raysense	\$ 13.637.700	\$ 13.637.700	\$ 13.637.700	\$ 13.637.700	\$ 13.637.700	\$ 13.637.700
Limpieza de cañería	\$ 5.000.000	\$ 4.375.853			\$ 4.375.853	\$ 4.375.853
PIG de inspección	\$ 36.000.000	\$ 36.000.000			\$ 36.000.000	\$ 36.000.000
Mantenimiento	\$ 27.275.400	\$ 27.275.400	\$ 27.275.400	\$ 27.275.400	\$ 27.275.400	\$ 27.275.400
Total, de implementación	\$ 84.413.100	\$ 81.288.953	\$ 40.913.100	\$ 40.913.100	\$ 81.288.953	\$ 81.288.953
Saldo Total neto	\$ -84.413.100	\$515.111.525	\$555.487.378	\$555.487.378	\$515.111.525	\$515.111.525

El flujo de caja presentado en la tabla anterior muestra los ingresos y egresos de dinero asociados a la implementación de una propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de oleoducto. El flujo de caja se divide en tres componentes:

- Ingresos: Los ingresos provienen del mantenimiento del oleoducto, que se mantienen constantes en \$596.400.478 por año.
- Egresos: Los egresos se dividen en dos categorías: costos de implementación y beneficios.

Costos de implementación: Los costos de implementación se producen en el año 2023 y ascienden a \$84.413.100. Estos costos incluyen la capacitación del personal, la instalación del sistema de protección de tubería Raysense, la limpieza de cañería, la implementación de PIG de inspección, y el mantenimiento.

- Beneficios: Los beneficios se producen a partir del año 2024 y se dividen en dos categorías: ahorros e ingresos adicionales.
 - Ahorros: Los ahorros se producen por la reducción de los costos de mantenimiento. Estos ahorros se estiman en \$30.752.600 por año.
 - Ingresos adicionales: Los ingresos adicionales se producen por la reducción del riesgo de accidentes y la mejora de la disponibilidad del oleoducto. Estos ingresos adicionales se estiman en \$20.900.000 por año.

Flujo de caja neto

El flujo de caja neto de la propuesta de mejora es positivo en todos los años. En el año 2023, el flujo de caja neto es negativo debido a los costos de implementación. Sin embargo, a partir del año 2024, el flujo de caja neto es positivo y asciende a \$23.652.600 por año.

Beneficios de la propuesta de mejora

La propuesta de mejora genera beneficios económicos y no económicos. Los beneficios económicos incluyen ahorros en costos e ingresos adicionales. Los beneficios no económicos incluyen la reducción del riesgo de accidentes y la mejora de la disponibilidad del oleoducto.

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

- ✓ Para concluir, con esta propuesta es mejorar la gestión de mantenimiento de los oleoductos en ENAP. Para ello, se propuso las siguientes medidas que se centran en los siguientes aspectos:
- ✓ Con el plan estratégico se logra capacitar al personal que permitirá programar las futuras mantenciones que se realizar con la ayuda del software SAP y obteniendo informes del estado de la cañería con el sistema de protección de tubería Raysense en el monitoreo en tiempo real.
- ✓ Es importante realizar las actividades con anticipación y programadas para llevarlas a cabo de buena manera y no tener ningún problema.
- ✓ En recomendación, no va a hacer necesario realizar un mantenimiento tan seguido, ya que la implantación de sensores, el monitoreo en tiempo real con el software SAP se logra a identificar a tiempo si se está produciendo una falla en las líneas de oleoducto.
- ✓ Esto permitirá una planificación correspondiente para resolver alguna falla que se necesite solucionar de forma programada y organizada.
- ✓ La propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de oleoducto genera beneficios económicos y no económicos. Los beneficios económicos se estiman en \$23.652.600 por año, lo que representa un retorno de la inversión del 27%. Los beneficios no económicos incluyen la reducción del riesgo de accidentes y la mejora de la disponibilidad del oleoducto, que son beneficios importantes para la empresa y para la comunidad.

BIBLIOGRAFIA

- García, R. H. G. (2016). Mantenimiento industrial: Organización, Control y Gestión. Mantenimiento Industrial.
- Brown, R. J., & Smith, D. M. (2015). Pipeline engineering. Elsevier.
- API 5L: American Petroleum Institute. (2023). Specification for Line Pipe. Washington, DC: API.
- API 570: American Petroleum Institute. (2023). Inspection and Repair of Pipelines. Washington, DC: API.
- API 580: American Petroleum Institute. (2023). Installation of Pipelines. Washington, DC: API.
- API 650: American Petroleum Institute. (2023). Storage Tanks for Oil and Gas. Washington, DC: API.
- API 653: American Petroleum Institute. (2023). Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids. Washington, DC: API.
- Reglamento de Seguridad y Prevención de Riesgos en la Industria del Petróleo y Gas: Ministerio de Energía y Minería de Chile. (2016). Santiago, Chile: Ministerio de Energía y Minería.
- Reglamento de Seguridad para la Construcción y Operación de Sistemas de Ductos de Hidrocarburos: Ministerio de Energía y Minería de Chile. (2016). Santiago, Chile: Ministerio de Energía y Minería.
- Norma NCh 2079: Instituto Nacional de Normalización de Chile. (2023). Tubos de acero al carbono para uso en la industria del petróleo y el gas. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización de Chile.
- Muñoz, M. (2023). El oleoducto en Chile: Una infraestructura estratégica. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Alberto Hurtado.
- Thompson, A. A., & Strickland, J. J. (2017). Administración estratégica: conceptos y casos. México, D. F.: McGraw-Hill.