

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, ante derrames basado en el diseño de un sistema de bloqueo automático

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Elaborado por

Daniel Teodoro Davila Ticona

 [0009-0000-3356-0563](#)

Asesor

MSc. Alcides Guillermo Joo Aguayo

 [0000-0002-8459-8489](#)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Davila, 2025)
Referencia/Reference	Davila, D. (2025). <i>Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, ante derrames basado en el diseño de un sistema de bloqueo automático</i> . [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado de manera muy especial a mis padres, Rosita y Teodoro, quienes con su ejemplo me enseñaron a trabajar y brindaron apoyo constante. Sé que desde el cielo estarán muy contentos, gracias por todo.

Resumen

Los hidrocarburos son transportados desde la plataforma de producción hasta la refinería para ser procesados. Debido a las largas distancias entre estos dos puntos, se utiliza el oleoducto. Los oleoductos son inspeccionados periódicamente para evaluar la integridad estructural del sistema y de ser necesario, se realizan trabajos de reparación para evitar eventos de derrame. Estos eventos de derrame también son causados por problemas sociales con las comunidades aledañas al oleoducto.

En la presente investigación se realizó el diseño de un sistema de bloqueo automático mediante válvulas operadas remotamente para disminuir los impactos negativos causados por los derrames de petróleo. Para el diseño se recopilan datos de la inspección del oleoducto, donde se detalla la medición de espesores y anomalías que presenta; informes históricos de los derrames detallando las causas y cantidades de petróleo derramado y los parámetros de operación en el oleoducto. El sistema de bloqueo automático coordinará con el sistema de detección de fugas del oleoducto para ejecutar el cierre automático de las válvulas.

Palabras clave: Oleoducto, petróleo crudo, derrame de petróleo, SCADA, sistema de detección de fugas, válvula de bloqueo.

Abstract

Hydrocarbons are transported from the production platform to the refinery to be processed. Due to the long distances between these two points, the oil pipeline is used. The oil pipelines are periodically inspected to assess the structural integrity of the system and, if necessary, repair work is carried out to avoid leak events. These leak events are also caused by social problems with the communities surrounding the pipeline.

In this research the designs an automatic blocking system through remotely operated valves is reached to reduce the negative impacts caused by oil leak. For the design, data from the inspection of the pipeline is collected, where the measurement of thicknesses and anomalies that it presents are detailed; historical reports of leaks detailing the causes and amounts of oil spilled and the operating parameters of the oil pipeline. The automatic blocking system will coordinate with the pipeline leak detection system to execute the automatic closing of the valves.

Keywords: Oil pipeline, crude oil, oil leak, SCADA, leak detection system, block valve.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	xii
Capítulo I. Generalidades	1
1.1 Antecedentes de la investigación	1
1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio	9
1.3 Formulación del problema	11
1.3.1 Problema Principal	11
1.3.2 Problemas Específicos	12
1.4 Justificación e importancia	12
1.4.1 Justificación	12
1.4.2 Importancia	12
1.5 Objetivos	12
1.5.1 Objetivo General	12
1.5.2 Objetivos Específicos	13
1.6 Hipótesis	13
1.6.1 Hipótesis General	13
1.6.2 Hipótesis Específicas	13
1.7 Variables y operacionalización de variables	13
1.7.1 Operacionalización de variables	14
1.8 Metodología de la investigación	15
1.8.1 Unidad de análisis	15
1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación	15
1.8.3 Diseño de la investigación	15
1.8.4 Fuentes de información	15
1.8.5 Población y muestra	16
1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
1.8.7 Análisis y procesamiento de datos	16
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	17
2.1 Bases teóricas	17

2.1.1	Oleoducto y Petróleo crudo.....	17
2.1.2	Sistema SCADA.....	22
2.1.3	Instrumentación Industrial	26
2.1.4	Niveles de la automatización.....	28
2.1.5	Análisis costo - beneficio.....	30
2.1.6	Remediación ambiental.....	32
2.1.7	Disponibilidad.....	34
2.2	Marco conceptual	36
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación.....		37
3.1	Desarrollo del diseño	37
3.2	Recopilación de datos.....	39
3.3	Datos generales del oleoducto	39
3.4	Historial de derrames en el Oleoducto tramo II.....	40
3.5	Parámetros de operación.....	42
3.6	Selección de la instrumentación y equipos	42
3.7	Válvula de Bloqueo	43
3.8	Transmisor de presión	45
3.9	Transmisor de temperatura.....	47
3.10	Gabinete COM.....	50
3.11	Gabinete TDP	51
3.12	Arquitectura de control.....	52
3.13	Filosofía de control	54
3.13.1	Tipo de usuarios.....	54
3.13.2	Tipos de operación.....	54
3.14	Programación del PLC.....	56
3.14.1	Selección del modo de cierre de la válvula de bloqueo	56
3.14.2	Tratamiento de señales análogas	57
3.14.3	Activación y desactivación de las alarmas ante baja de presión del oleoducto.....	59
3.14.4	Cierre de la válvula ESD ante baja de presión.....	60
3.14.5	Reset y apertura de válvula ESD	62
3.15	Diseño de la interfaz gráfica	64
3.15.1	Diseño de pantalla SCADA	65

3.15.2 Definición de usuarios	69
Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados	71
4.1 Resultados.....	71
4.1.1 Nivel de disponibilidad.....	71
4.1.2 Análisis de la disponibilidad inicial del sistema de transporte de petróleo crudo	72
4.1.3 Análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático	73
4.2 Análisis costo-beneficio	74
4.2.1 Cálculo del costo de instalación de una válvula de bloqueo	74
4.2.2 Cálculo del costo de remediación de suelos	80
4.2.3 Análisis costo-beneficio.....	83
4.2.4 Análisis de sensibilidad	85
4.2.5 Análisis bidimensional	86
4.2.6 Cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo a instalar	86
4.3 Contrastación de hipótesis general.....	87
4.4 Contrastación de hipótesis específicas.....	88
4.5 Discusión de resultados.....	89
Conclusiones.....	91
Recomendaciones.....	92
Referencias bibliográficas	93
Anexos	96

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Características de los ductos del ONP	22
Tabla 2-2: Interpretación del VAN	31
Tabla 2-3: Interpretación del valor del TIR.....	32
Tabla 2-4: Estándar de calidad de suelo para hidrocarburos.....	34
Tabla 3-1: Datos generales del Oleoducto	39
Tabla 3-2: Historial de derrames en el Tramo II del ONP	40
Tabla 3-3: Parámetros de operación del Tramo II del ONP	42
Tabla 3-4: Datos de la válvula	44
Tabla 3-5: Datos del actuador	45
Tabla 3-6: Datos de transmisor de presión.....	47
Tabla 3-7: Datos del sensor RTD y transmisor de temperatura	49
Tabla 3-8: Tipos de usuarios	54
Tabla 4-1: Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte sin el sistema de bloqueo automático	72
Tabla 4-2: Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático	73
Tabla 4-3: Costo para la instalación de una válvula de bloqueo	79
Tabla 4-4: Parámetros del área a remediar	80
Tabla 4-5: Costo de la remediación de suelo contaminado por hidrocarburo (área 30m x 30m)	82
Tabla 4-6: Egresos del proyecto.....	84
Tabla 4-7: Beneficios del proyecto	84
Tabla 4-8: Cálculo de indicadores	84
Tabla 4-9: Análisis de sensibilidad.....	85
Tabla 4-10: Análisis bidimensional del proyecto	86

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1.1: Tipos y cantidades de incidentes reportados en el oleoducto zona distrito Yinchuan.....	3
Figura 1.2: Interfaz para el ingreso de datos.....	5
Figura 1.3: Curvas de desplazamiento vertical para izaje de ducto expuesto al aire, agua o interfase entre ambas.....	6
Figura 1.4: Volumen transportado por el Oleoducto Norperuano	10
Figura 1.5: Contingencias en el Oleoducto Norperuano durante los años 2014 - 2019.	11
Figura 2.1: Características del ducto	18
Figura 2.2: Arquitectura general de sistema SCADA	23
Figura 2.3: Concepto de driver o controlador.....	25
Figura 2.4: Pirámide de automatización industrial.....	29
Figura 3.1: Flujograma del diseño.....	38
Figura 3.2: Válvula y actuador electrohidráulico.....	43
Figura 3.3: Transmisor de presión de la marca Honeywell.....	46
Figura 3.4: Transmisor de temperatura Honeywell	48
Figura 3.5: Sensor RTD.....	49
Figura 3.6: Arquitectura de control.....	53
Figura 3.7: Diagrama de flujo de operación	55
Figura 3.8: Programación de la selección del modo de cierre de válvula ESD.....	57
Figura 3.9: Tratamiento de señales análogas de presión.....	58
Figura 3.10: Tratamiento de señales análogas de temperatura	58
Figura 3.11: Activación de la alarma por baja de presión en el oleoducto.....	59

Figura 3.12:	Desactivación de alarma de baja presión.....	60
Figura 3.13:	Cierre automático de la válvula ESD.....	61
Figura 3.14:	Cierre manual de la válvula ESD	62
Figura 3.15:	Activación del Reset de la Válvula ESD	63
Figura 3.16:	Apertura de la válvula ESD	63
Figura 3.17:	Pantalla SCADA	64
Figura 3.18:	Pantalla de inicio del sistema SCADA.....	65
Figura 3.19:	Inicio de sistema de bloqueo automático	66
Figura 3.20:	Cierre de válvula ESD.....	67
Figura 3.21:	Desactivación de alarma y reset de válvula ESD	68
Figura 3.22:	Apertura de la válvula ESD y restablecimiento de presión	69
Figura 4.1:	Vista general de la instalación de una válvula de bloqueo	78
Figura 4.2:	Ubicación de válvulas de bloqueo.....	87

Introducción

El aporte del trabajo de suficiencia comprende el diseño de un sistema de bloqueo automático en oleoductos para reducir las pérdidas de petróleo crudo a causa de derrames, mejorar la disponibilidad del sistema de transporte del petróleo crudo y reducir los impactos negativos ambientales y en costos.

El presente trabajo se ha estructurado en cuatro capítulos, los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I, se presentan los antecedentes de la investigación, la problemática relacionada a derrames de petróleo crudo en oleoductos, justificación e importancia, los objetivos, las hipótesis, las variables, operacionalización de variables y la metodología de la investigación.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, describiendo los oleoductos, petróleo crudo, instrumentación industrial, sistema SCADA y demás definiciones. En adición, se desarrolla el marco conceptual donde se identifican términos que tienen más de un significado y se aclara su definición para el presente trabajo de suficiencia.

En el capítulo III, se desarrolla el diseño del sistema de bloqueo automático a partir de la información recopilada con los formatos adjuntos en los anexos. También se presenta el análisis de costo-beneficio del proyecto de instalación de una válvula de bloqueo automático.

En el capítulo IV, se presentan los resultados, la contrastación de hipótesis y la discusión de los resultados, donde se contrasta los resultados de la investigación con la hipótesis formulada.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de suficiencia, así también, las referencias bibliográficas y anexos utilizados.

Capítulo I. Generalidades

1.1 Antecedentes de la investigación

A continuación, se citan algunos antecedentes relacionados al tema de investigación.

El trabajo de Sánchez Miguel (2018)¹ tiene como objetivo diseñar un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas en oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el departamento de Piura. La investigación es aplicada de nivel descriptiva y correlacional con enfoque cuantitativo. El autor realiza el cálculo del ancho de banda (BW) necesario para transportar la información, tomando en cuenta el número de estaciones en la refinería Talara y los sistemas de detección de fugas, videovigilancia, fire and gas y SCADA. El trabajo presenta análisis del espectro de frecuencias utilizando el software Chanalyzer y el analizador Wispy DBx, dando como resultados una reserva del 25% para transportar la información. El autor concluye que el ancho de banda calculado es suficiente para transportar la información de los sistemas SCADA, detección de fugas y videovigilancia, y que, respecto a la redundancia utilizada en el proyecto, el sistema de radioenlaces tiene una disponibilidad del 100%.

El trabajo de Smith Gerónimo (2018)² tiene como objetivo principal, diseñar un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina. La investigación es aplicada de nivel descriptiva y correlacional con enfoque cuantitativo. El autor establece los criterios para seleccionar el método de detección de fugas y el proceso

¹ **Sánchez & Vargas (2018).** Diseño de un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas de oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el Departamento de Piura. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2017>

² **Smith Gerónimo (2018).** Diseño de un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina de 18 pulg. de diámetro del nuevo terminal Ilo de petróleos del Perú - Petroperú S.A. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

para obtener la data de presión y flujo en operación normal y operación con fugas. El método seleccionado para la detección de fugas es el de seguimiento de la presión y flujo. El autor verifica que el método seleccionado cumple con la Norma API 1130 (computational pipeline monitoring) y el D.S. 081-2007-EM (reglamento de transporte de hidrocarburos por ductos). El autor concluye que se logra diseñar un algoritmo del sistema de detección de fugas en una línea submarina de 18" de diámetro nominal.

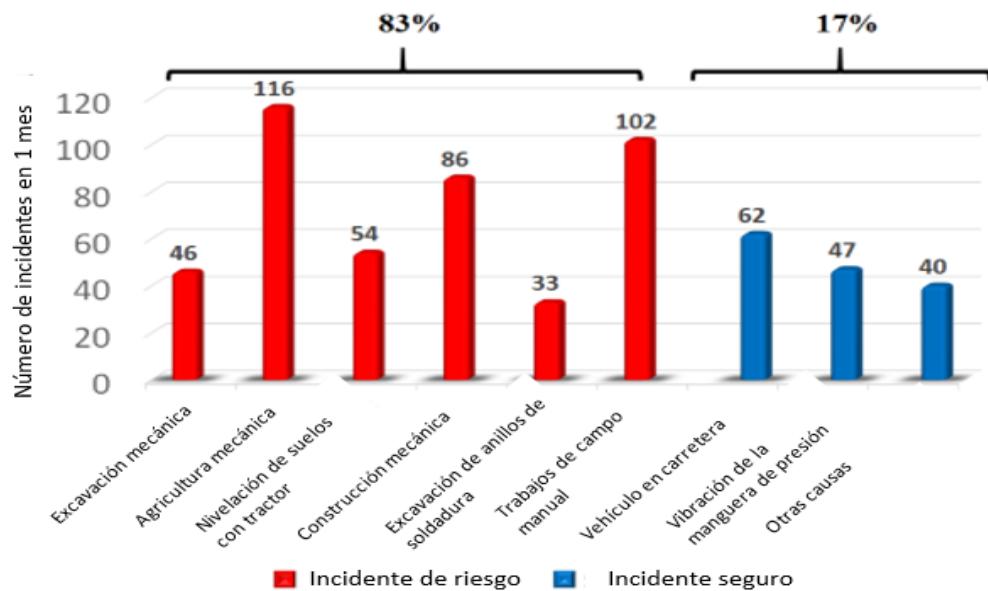
El trabajo de investigación Fataliyev Tahmasib (2018)³, tiene como objetivo realizar un estudio del estado actual y proponer nuevos enfoques para la solución de problemas de operación de un complejo de petróleo y gas. El autor analiza los principales procesos tecnológicos y la posibilidad de incrementar el uso de estas herramientas tecnológicas en el complejo. Describe como problema principal el transporte de petróleo, gas y derivados hacia las plantas de procesamiento, debido a las largas distancias de los oleoductos y gaseoductos, sumados al difícil acceso, ello representa un gran peligro ambiental debido a la amenaza de fugas y derrames en caso de contingencias. El autor presenta un nuevo enfoque para la solución de problemas de operación basado en un sistema ciber-físico que consiste en automatizar los procesos, comunicar dispositivos y almacenar datos; para ello se tiene que reemplazar los dispositivos de control y monitoreo conservadores, en su mayoría manuales, por sensores nuevos y de fácil instalación que permite un control automático continuo de los procesos tecnológicos, el registro y almacenamiento de datos y la configuración remota. El autor concluye que el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías incrementa la productividad, reduce el tiempo de paradas, mejorando la disponibilidad, y reduce los riesgos medioambientales.

³ **Fataliyev Tahmasib y Mehdiyev Shakir (2018).** Analysis and new approaches to the solution of problems of operation of oil and gas complex as Cyber-Physical System. [International Journal of Information Technology and Computer Science, 10(11), 67-76].

En el trabajo de investigación de Li Gang (2018)⁴ se describe la importancia de la instalación de sistemas de seguridad y detección de fugas en los oleoductos para minimizar pérdidas económicas y la contaminación ambiental. El autor menciona que la instalación de sensores de vibración de fibra óptica en los oleoductos es adecuada para la detección de intrusos y fugas, sin embargo, el mayor problema de los sensores de vibración son los falsos positivos originados por el desconocimiento de la fuente de vibración. Con el fin de eliminar los falsos positivos el autor desarrolla un algoritmo de aprendizaje automático para distinguir la causa de la vibración. El autor concluye que el sistema detecta decenas de miles de eventos de vibración en una tubería de 131 km y después de 3 meses de entrenamiento el algoritmo de aprendizaje automático reportó 589 incidentes riesgosos al mes, de los cuales el 83% son realmente riesgosos, como se muestra en la figura 1.1:

Figura 1.1

Tipos y cantidades de incidentes reportados en el oleoducto zona distrito Yinchuan.



Fuente: Li, G. et al (2018) *Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project.*

⁴ Li Gang et al. (2018). Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project. [Asia Communications and Photonics Conference (ACP), artículo Su2A.70.]

El trabajo de investigación Gu Xingshu (2018)⁵ tiene como objetivo, diseñar un sistema de detección de fugas en oleoductos basado en el reconocimiento de imágenes. El autor define los siguientes pasos del proceso: captura de imágenes, preprocesamiento de imágenes, comparación de imágenes, segmentaciones de imágenes, procesamiento morfológico de imágenes y resultados. El procesamiento de imágenes y la programación se realiza en el software MATLAB; los resultados de las simulaciones dependen de la dimensión matricial de la imagen de segmentación, donde el programa emitirá, en cada caso, los siguientes resultados: no hay fugas, fugas menores o fugas severas. El autor concluye que el sistema de detección de fugas basado en el reconocimiento de imágenes mejora significativamente el nivel de gestión, disminuyendo los trabajos, las pérdidas económicas y la contaminación ambiental.

El trabajo de tesis de Ortiz Yasmani (2019)⁶ presenta como objetivo desarrollar una metodología numérica basada en el método de la doble integral para determinar las deflexiones en la tubería y garantizar de esta manera la integridad de los ductos durante los trabajos de izaje. En la actualidad la empresa encargada de la operación del oleoducto cuenta con procedimientos para el izaje del tramo de tubería donde se ejecutará los trabajos de mantenimiento, sin embargo, este procedimiento no toma en cuenta el estado estructural actual del oleoducto. El autor establece un método que requiere los parámetros característicos actuales del oleoducto y el fluido transportado, el método está desarrollado mediante una interfaz de Macros en Visual Basic de aplicaciones de Excel, como se observa en la figura 1.2. El autor concluye que de acuerdo a la información ingresada a la interfaz se obtienen curvas que simulan el comportamiento de la deformación del tramo

⁵ **Gu Xingshu y Wang Chuang (2018).** Oil Pipeline Leak Detection Based On Image Recognition. [2018 Octava Conferencia Internacional sobre Instrumentación y Medición, Computación, Comunicación y Control (IMCCC), págs. 464-467]. doi: 10.1109/IMCCC.2018.00103.

⁶ **Ortiz Yasmani (2019).** Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura].

analizado, determinando la altura máxima admisible para el izaje, como se muestra en la figura 1.3.

Figura 1.2

Interfaz para el ingreso de datos

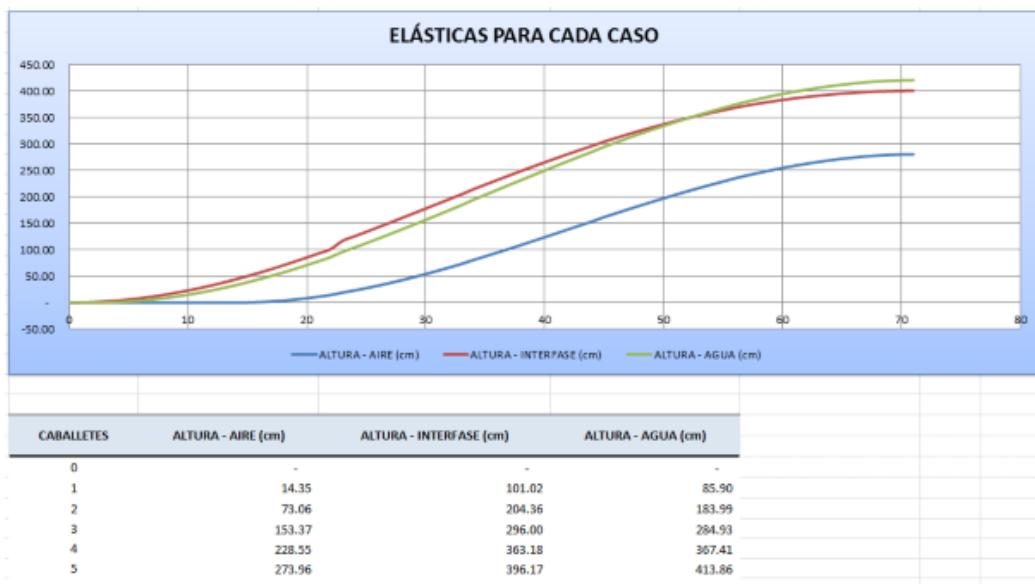
INGRESAR DATOS	
De Caballetes	
Cantidad de caballetes	= 10
Espacio entre caballetes	= 11 m
Del Ducto	
Especificación	= API 5LX
Grado	= X52
Ubicación	= RAMAL NORTE
Espesor mínimo presente	= 0.375 in
Del Crudo	
* API	= 44
Condiciones de Trabajo	
Presión interna	= 54 kg/cm ²
Altura de izaje	= m

Según tabla anterior, se procederá a graficar las alturas considerando el esfuerzo permisible de acuerdo a la norma ASME B31.4 (37.45 ksi)

Fuente: Ortiz, Y. (2019) *Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje.*

Figura 1.3

Curvas de desplazamiento vertical para izaje de ducto expuesto al aire, agua o interfase entre ambas



Fuente: Ortiz, Y. (2019) Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje.

En el trabajo de Valladares Peter (2020)⁷ se tiene como objetivo general diseñar un sistema de supervisión tipo scada para el oleoducto de Sub Estación Pariñas a Set de válvulas ubicada en el Lote IV cumpliendo con el decreto supremo DS-081-2007-EM. El trabajo se divide en tres bloques: Instrumentación del sistema de detección de fugas, sistema de control para cierre de válvulas y el sistema de telecomunicaciones. Para el sistema de detección de fugas se utilizan sensores acústicos los cuales se instalarán en puntos estratégicos a lo largo del Oleoducto. El sistema de control para cierre de válvulas está basado en controladores lógicos programables y las válvulas de bloqueo automáticas se instalarán al inicio y al final del Oleoducto. El autor concluye que el diseño del sistema de telecomunicaciones contempla el requerimiento de la transmisión de información de los sistemas Scada y detección de fugas.

⁷ **Valladares Peter (2020).** Diseño del scada para el oleoducto de sub estación Pariñas a set de válvulas ubicada en el Lote IV concesionada por Graña y Montero Petrolera. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura].

En el trabajo de Camacho Katherine (2020)⁸, se tiene como objetivo conocer los impactos ambientales negativos causados por el derrame de petróleo crudo en la comunidad nativa Cuninico, de la selva peruana. El autor ha recopilado información de la empresa encargada del transporte del petróleo crudo y del organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA) para analizar las causas y consecuencias del derrame de petróleo crudo, también se formularon propuestas de prevención y mitigación de derrames con la finalidad de disminuir las ocurrencias similares en el oleoducto nor peruano y la rehabilitación de las zonas afectadas. En el trabajo de investigación se observa que el tiempo de respuesta para bloquear el flujo de petróleo crudo y activar el plan de contingencia fue de 9 días. El autor describe propuestas de medidas de prevención, entre las principales están la correcta elaboración y ejecución del plan de mantenimiento preventivo, control de corrosión, instalación de sistemas de protección catódica e instalación de sistemas de monitoreo y control, a distancia, para agilizar el tiempo de respuesta ante derrames, parando las bombas y cerrando válvulas. El autor concluye que la causa principal del derrame es la falta de ejecución de mantenimiento preventivo en el oleoducto, ocasionando de esta manera un impacto ambiental negativo en los suelos y cuerpos de agua, afectando la flora y fauna.

En el trabajo de tesis de Torres Jefferson (2021)⁹ se presenta como objetivo general establecer un método de monitoreo de la corrosión en ductos mediante datos obtenidos a partir de la herramienta de simulación ANSYS. El software ANSYS logra realizar pruebas en prototipos físicos, en este caso de estudio realizó la simulación del fenómeno de corrosión en la que se evalúa la integridad de la tubería de acero al carbono, material utilizado en oleoductos del sistema de oleoducto Transecuadoriano. El autor concluye que

⁸ **Camacho Katherine (2020).** Impactos ambientales negativos por derrame de petróleo crudo de junio 2014 en el km 41+833 del oleoducto norperuano en la comunidad nativa Cuninico. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal].

⁹ **Torres Jefferson (2021).** Simulación de corrosión en oleoductos como alternativa de método de monitoreo. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional del Ecuador].

la simulación por elementos finitos desarrollada para el caso de corrosión en el oleoducto Transecuatoriano, determina que la región sierra esta menos propensa a tener daños por corrosión, sin embargo, en las regiones costa y amazonía, se presenta una mayor probabilidad de daños por corrosión.

El trabajo de Alfonso Orlando (2022)¹⁰ tiene como objetivo general evaluar el estado de integridad de equipos estáticos y tuberías de proceso de los sistemas de recibo y despacho mediante inspección visual (externa) en servicio, basado en el estándar API 570. En el trabajo se define la metodología para inspeccionar el recubrimiento de la tubería en tramos aéreos, válvulas, uniones bridadas, dispositivos de seguridad y alivio de presión. El autor concluye que con la implementación de un plan de inspección visual se define un proceso de operación seguro y con ello la elaboración de planes de mantenimiento y reparaciones recomendadas.

El trabajo de Salas Franklin (2022)¹¹ propone como objetivo modelar el sistema de transporte de petróleo crudo para la detección y localización de fugas en el tramo I del Oleoducto Norperuano. En la investigación se desarrolla la solución numérica del modelo matemático para el transporte de crudo de petróleo en el tramo I del Oleoducto Norperuano empleando el método de características (MOC). El algoritmo de detección de fugas es basado en el filtro de Kalman extendido y empleando este algoritmo se estima la magnitud y la fuga en el tramo del ONP. El autor realizo diferentes pruebas con variaciones de los parámetros de magnitud de fuga y la ubicación del punto de fuga donde obtuvo en promedio global 0.918% de error para la ubicación de fuga y 1.028% de error para la magnitud de

¹⁰ **Alfonso Orlando (2022).** Estado de integridad mediante inspección visual (externa) del sistema recibo/despacho de una planta de bombeo de crudo. [Tesis de Grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

¹¹ **Salas Franklin (2022).** Desarrollo de un sistema de detección y localización de fugas basado en filtro de Kalman extendido para sistemas de transporte de petróleo crudo aplicado al tramo I del Oleoducto Norperuano. [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].

fuga, concluyendo que el algoritmo y el método basado en el filtro de Kalman Extendido proporciona resultados muy precisos para los parámetros de magnitud y ubicación de fuga.

El trabajo de investigación López Nancy (2022)¹² tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de trabajos acerca de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0 y luego se realiza un análisis de metodologías, a través de herramientas estadísticas, para determinar su influencia en los tiempos de inactividad en la industria petrolera. La investigación tiene un enfoque correlacional debido a que se busca la comprobación de la relación entre dos variables: i) el uso de tecnologías 4.0 enfocada en el mantenimiento de oleoductos, y ii) reducción de los tiempos de inactividad. El autor indica que las tecnologías inherentes a la industria 4.0 permiten mejorar la productividad del sector a donde se aplique. Entre las características principales se mencionan las siguientes: i) flexibilizar la producción con el fin de obtener un alto grado de personalización. ii) monitoreo de dispositivos o equipos de manera remota, en tiempo real, facilitando de manera rápida la detección de fallas. El autor concluye que la implementación de tecnologías innovadoras, como la automatización, en conjunto con planes de mantenimiento preventivo, permiten reducir costos en la cadena de valor y optimizar los tiempos de procesos para los mantenimientos; logrando de esta manera, obtener una alta disponibilidad del oleoducto.

1.2 Identificación y Descripción del Problema de Estudio

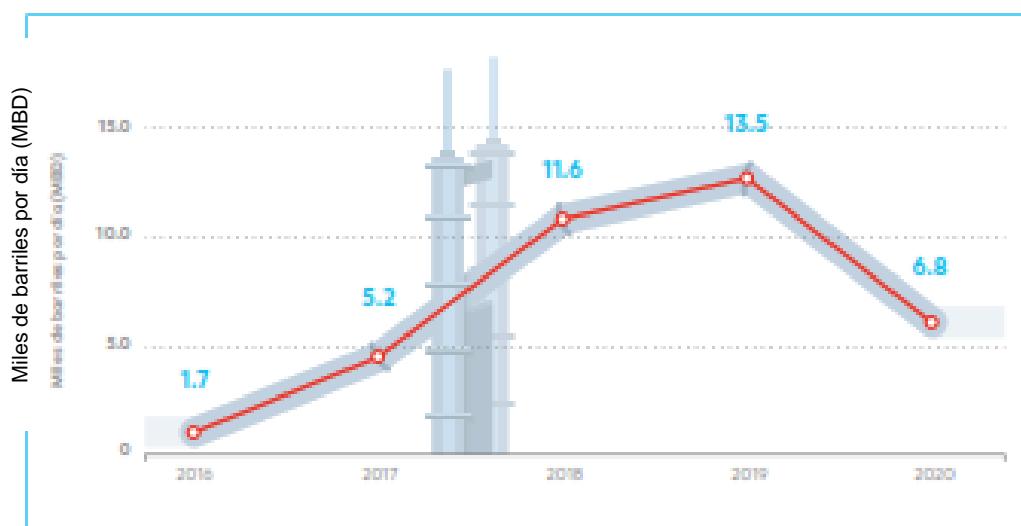
La problemática en el transporte de petróleo, mediante oleoductos, tiene un impacto negativo en el marco social, económico y ambiental; desde el año 1997 hasta el año 2021 se tienen reportados 67 derrames a lo largo del ONP, con un volumen derramado de 6138.16 barriles (Osinergmin, 2021). Durante el 2020 se registró un régimen de bombeo

¹² López Nancy (2022). Revisión sistemática de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0 [Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato].

de 6.8 MBD, menor en 33% respecto al volumen programado (10.2 MBD), como se visualiza en la figura 1.4.

Figura 1.4

Volumen transportado por el Oleoducto Norperuano



Fuente: Petroperú (2020) Memoria anual 2020.

Esta reducción del régimen de bombeo es causada debido a las paralizaciones por contingencias en los tramos y eventos de conmoción social (Petroperú, 2020). Las contingencias en el oleoducto son causadas por actos delictivos, fenómenos geodinámicos y corrosión, como se logra visualizar en la figura 1.5.

Figura 1.5 Contingencias en el Oleoducto Norperuano durante los años 2014 - 2019.



Fuente: Aparcana, H. (2019) *Estado situacional del ONP y perspectivas para su operación en próximos 20 años.*

Estas contingencias generan una significativa reducción de la demanda de transporte por el ONP y en consecuencia generan perdidas debido a que los ingresos generados por la tarifa del servicio de transporte, no cubren los gastos operativos y las inversiones recurrentes para el sostenimiento de la operación (Aparcana H., 2019).

Ello genera un incremento en los trabajos de mantenimiento del oleoducto, lo cual se convierte en una problemática de relevancia en la optimización de las planificaciones de los trabajos de mantenimiento.

Las consecuencias de lo planteado afectan directamente la capacidad de transporte del petróleo por el oleoducto.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema Principal

¿En qué medida los eventos de derrame impactan negativamente en la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo?

1.3.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo?
- b) ¿Es rentable la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo?

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Justificación

El presente trabajo de investigación se justifica por la razón de que los impactos negativos en el aspecto ambiental y los costos por los trabajos de remediación tienen un alto valor. Entre los años 2014 y 2023, se han remediado un área total de 1,811,562.22 m² y el monto invertido, para estos trabajos, asciende a la suma de S/ 685,900,000 (ONP, 2023). El porqué de su realización se debe al compromiso, como ingenieros, de buscar soluciones que minimicen los impactos negativos causados por eventos de derrame de petróleo crudo.

1.4.2 Importancia

El presente trabajo de investigación servirá para encontrar aspectos y oportunidades de mejora en los trabajos de transporte mediante el Oleoducto Nor Peruano, operado por la empresa estatal Petroperú S.A.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a) Evaluar el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) Evaluar la rentabilidad de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará significativamente la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- a) Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

1.7 Variables y operacionalización de variables

Variable independiente (X)

X = Diseño de sistema de bloqueo automático

Variable dependiente (Y)

Y = Disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo

1.7.1 Operacionalización de variables

Título: Mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo ante derrames basado en el diseño de un sistema de bloqueo automático.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Diseño de sistema de bloqueo automático	Conjunto de instrumentos y equipos interconectados de manera lógica para brindar un funcionamiento seguro al sistema de transporte de petróleo crudo.	Conjunto de instrumentos y equipos utilizados para bloquear el flujo de petróleo crudo.	Respuesta de sistema de sistema de bloqueo automático Cierre de válvula.	Tiempo de respuesta (segundos) de activación del sistema de bloqueo automático. Tiempo de cierre de válvula (segundos).
Disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo	Capacidad del sistema de transporte de petróleo crudo de estar en condiciones de operar cuando es requerido.	Proporción del tiempo que el sistema de transporte de petróleo crudo está en condiciones de operar sin fallos.	Nivel de disponibilidad	Tiempo disponible del sistema de transporte de petróleo crudo.

1.8 Metodología de la investigación

1.8.1 Unidad de análisis

La investigación utilizó como unidad de análisis el Oleoducto, denominado Tramo II del ONP, que inicia en el distrito de Manseriche, departamento de Loreto y culmina en el distrito de Sechura, departamento de Piura. El Tramo II tiene una longitud de 548 km de tubería de Ø36”.

1.8.2 Tipo, enfoque y nivel de investigación

- a) La investigación es del tipo aplicada ya que tiene como objetivo mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.
- b) La investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que sus datos fueron medidos de forma numérica y la hipótesis fue probada mediante el análisis de los datos.
- c) El nivel de la investigación es del tipo descriptivo y correlacional, porque se recopila información detallada para describir las características del sistema a investigar y además se determinó la influencia que existe entre las variables.

1.8.3 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación fue de diseño no experimental, debido a que, no hubo manipulación, ni intervención del autor en las variables, observando la mejora en la disponibilidad de los sistemas de transporte de petróleo crudo; y del tipo transeccional, debido a que la recolección de la información se obtuvo en un único momento, previo al diseño del sistema de bloqueo automático.

1.8.4 Fuentes de información

Las fuentes de información que se utilizaron en el presente trabajo son las siguientes:

- a) Tesis de grado y maestría.

- b) Artículos científicos.
- c) Libros de ingeniería.
- d) Reportes e informes elaborados por entidades estatales peruanas.

1.8.5 Población y muestra

- a) Para la presente investigación, la población fue tomada en base a la disponibilidad de información de los tramos del oleoducto nor peruano: Tramo I, Tramo II y Tramo ORN.
- b) La muestra para la presente investigación fue el tramo II. Para ello se utilizó un muestreo por conveniencia no probabilístico.

1.8.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la técnica de análisis de contenido cuantitativo y datos secundarios. Como instrumento de recolección de datos se utilizaron los siguientes formatos trabajados en Excel:

- a) Historial de derrames en el tramo II del ONP.
- b) Parámetros de operación en el tramo II del ONP.

1.8.7 Análisis y procesamiento de datos

Se utilizó el tipo de análisis descriptivo, debido a que los datos recolectados muestran las características y cantidades de cada evento de contingencias. Los datos fueron procesados mediante el programa Microsoft Excel 2016, mediante el cual, se obtuvieron tablas que contribuyeron con los resultados de la presente investigación.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Bases teóricas

En la actualidad el reglamento peruano DS-081-2007-EM requiere que los sistemas de transporte de hidrocarburos cuenten con válvulas de bloqueo equipado con actuadores de operación remota, sistema automático de supervisión, control y lectura de parámetros a distancia (SCADA) y dispositivos para la detección de fugas en el oleoducto. Para lograr un diseño optimo que cumpla lo mencionado es fundamental conocer aspectos teóricos, los cuales se definen a continuación:

2.1.1 Oleoducto y Petróleo crudo

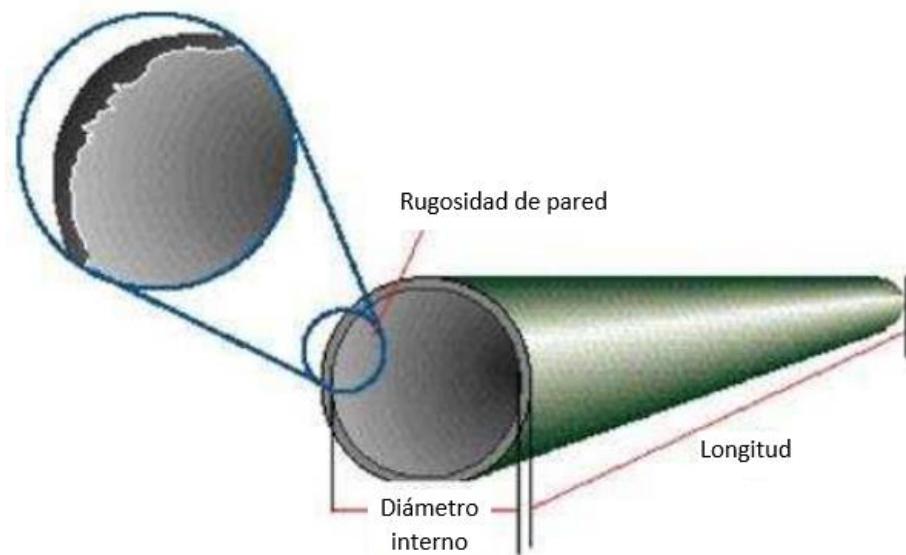
2.1.1.1 Oleoductos

Se denomina oleoducto al conjunto de tuberías metálicas, equipos e instalaciones utilizadas para el transporte de hidrocarburos y sus derivados a grandes distancias. Según Ortiz (2019), el fundamento en el diseño de ductos toma como referencia la fricción causada por el fluido en movimiento contenido por esta estructura; la fricción causa la pérdida de energía que experimenta el fluido durante su traslado por el ducto. Junto a la fricción se consideran, además, los siguientes parámetros para el diseño de oleoductos:

- Características del ducto: Diámetro interno, longitud, rugosidad relativa.
- Propiedades físicas del fluido: Viscosidad, densidad, presión de vapor, punto de fluidez, compresibilidad, temperatura.
- Relación entre el ducto y el fluido: Número de Reynolds.
- Características del ducto: Las características del ducto impactan en el comportamiento del fluido en el oleoducto, estas características se muestran en la figura 2.1.

Figura 2.1

Características del ducto



Fuente: Rosero, P. (2012) Desarrollo de un algoritmo y programa en matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinamico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano.

- Diámetro interno del ducto (Di): es el valor medio de como mínimo un par de diámetros perpendiculares medidos en dos secciones diferentes del ducto. En el ducto la pérdida de presión está relacionada con el diámetro interno de la tubería, a menor diámetro interno se incrementa la pérdida de presión debida a la fricción.
- Longitud del ducto (L): es la medida entre extremos, inicial y final, del ducto. La presión en el ducto disminuye a lo largo del tramo. A mayor longitud del ducto, mayor será la caída total de presión.
- Rugosidad relativa (ϵ/D_i): es un parámetro adimensional y está definido por el cociente entre la rugosidad absoluta de la pared interna de la tubería entre el diámetro interno de la tubería.

- Propiedades físicas del fluido: para diseñar un oleoducto es importante conocer las propiedades físicas del fluido, estas propiedades físicas se describen a continuación:

- Viscosidad: esta propiedad se define como la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad del líquido es el factor más importante en el cálculo de pérdida de presión por fricción. La viscosidad se obtiene de la ecuación 2.1.

$$\nu = \mu/\rho \quad (2.1)$$

Donde:

ν = viscosidad cinemática

μ = viscosidad absoluta o dinámica

ρ = densidad

- Densidad: esta propiedad hace referencia a la cantidad de masa que se encuentra en una unidad de volumen. La densidad se obtiene de la ecuación 2.2.

$$\rho = m/V \quad (2.2)$$

Donde:

ρ = densidad

m = masa

V = volumen

Una bomba realiza más trabajo para producir la presión de cabeza necesaria para transportar un líquido más denso en comparación uno de menor densidad.

- Presión de vapor: es la presión por encima de la cual el líquido ya no se evapora, a una temperatura establecida. La presión de vapor es un criterio importante cuando se transportan líquidos que contienen elementos volátiles, es decir, elementos que se evaporan con facilidad.
- Punto de fluidez: se define como la temperatura más baja en la que un fluido sigue comportándose como un líquido vertible. Existen hidrocarburos que son transportados a temperaturas por debajo del punto de fluidez, pero se utilizará

mayor energía para ser bombeado. Este parámetro es muy importante para considerar en el diseño y operación del oleoducto.

- Compresibilidad: es el grado de cambio en el volumen del fluido respecto a un cambio de presión. El sistema de bombeo en el oleoducto incrementa la presión provocando una compresión del líquido. Cuando el líquido recorre aguas abajo y se aleja de la bomba, pierde presión y se expande a su volumen original.
- Temperatura: esta propiedad está relacionada con la energía cinética promedio del fluido. La temperatura afecta la capacidad del oleoducto y altera el estado de los líquidos. Los cambios de temperatura influyen en la viscosidad y densidad de los líquidos transportados a través del oleoducto.
- Relación entre la tubería y el fluido: La interdependencia entre el diámetro interno de la tubería, la viscosidad del líquido y la velocidad del flujo está definida por una relación matemática llamada número de Reynolds (Re). Este número adimensional es un parámetro fundamental en el diseño de oleoductos y es usado para caracterizar el movimiento de un fluido. El número de Reynolds se obtiene de la ecuación 2.3.

$$Re = (Di * v) / \nu \quad (2.3)$$

Donde:

Re = número de Reynolds

Di = diámetro interno de la tubería

v = Velocidad de flujo

ν = viscosidad cinemática

Para número de Reynolds menores a 2300 se considera que el flujo es laminar y para valores mayores a 4000 el flujo se considera flujo turbulento; por otro lado, para valores intermedios el flujo es transitorio.

2.1.1.2 Petróleo crudo

El petróleo es un fluido viscoso de origen fósil, cuyo color varía desde el amarillo hasta el negro, y está constituido por una mezcla compleja de hidrocarburos y otros compuestos en menor cantidad, estos compuestos tienen cantidades variables de azufre, nitrógeno, oxígeno, metales, sales, sedimentos inorgánicos (lodo y material rocoso) y agua.

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno en cantidades variables, los hidrocarburos se presentan en la naturaleza de manera líquida, gas, grasas y sólido. A continuación, se presentan las características físicas del petróleo:

- Peso Específico del petróleo: se define como el peso del petróleo entre el volumen que ocupa la muestra. El peso específico está relacionado con el grado API. La gravedad API o grados API, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que indica cuán pesado o liviano está el petróleo. En muestras con grados API mayores a 10 implican que son más livianos que el agua y flotarían en este medio. El grado API se obtiene de la ecuación 2.4.

$$\text{Grados_API} = (141.5/GE) - 131.5 \quad (2.4)$$

Donde:

GE = Gravedad Específica a $(60^{\circ}/60^{\circ}\text{F})$

2.1.1.3 Transporte de petróleo crudo por el oleoducto norperuano

En el Perú, la empresa estatal Petróleos del Perú – Petroperú S. A., ejecuta diversas actividades que se encuentran dentro de la cadena de valor del petróleo, una de las principales actividades es el transporte de petróleo crudo a través del oleoducto norperuano (ONP), el ONP está en servicio desde el año 1977 hasta la actualidad y atraviesa las

regiones selva, sierra y costa. El ONP está conformado por tres tramos; el Tramo I, Tramo II y el Oleoducto Ramal Norte; sumando una longitud total de 1106 kilómetros desde la selva norte al terminal Bayóvar en la costa. El ONP presenta una capacidad de transporte de 200 000 barriles por día y se tiene pensado incrementar dicha capacidad hasta los 500 000 barriles por día. Las características del ONP se muestran en la tabla 2-1.

Tabla 2-1

Características de los ductos del ONP

Característica	Unidad de medida	Tramo I	Tramo II	Ramal Norte
Longitud	km	306	548	252
Diámetro	Pulgadas	24	36	16
Recubrimiento de la tubería	-	Epóxico	Poliken	Epóxico

Fuente: Ortiz, Y. (2019). “Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje”

2.1.2 Sistema SCADA

Según el libro Rodríguez P. (2013) “Sistemas SCADA”, un sistema SCADA es cualquier software que brinda el acceso a datos remotos de un proceso y permite, empleando las herramientas de comunicación necesarias, el control del mismo. Las siglas SCADA significa Supervisory control and data Acquisition o control con supervisión y adquisición de datos.

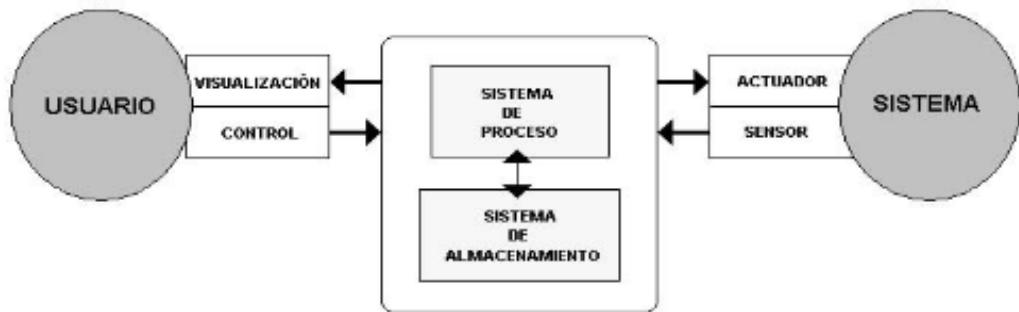
2.1.2.1 Arquitectura general de un sistema SCADA

Los primeros trabajos de automatización centraban todo el control en el PC y posteriormente ampliaban, de manera progresiva, la distribución del control en planta. Es así que el sistema se divide en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (SCADA)
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores)
- Sistema de interconexión (comunicaciones)

La división de la arquitectura de un SCADA también se observa en la figura 2.2.

Figura 2.2 Arquitectura general de sistema SCADA



Fuente: Rodríguez, P. (2013) "Sistemas SCADA".

A nivel de usuario, por medio de las herramientas de visualización y control, se tiene acceso al sistema de control de proceso; por lo general, la aplicación de control y supervisión se instala en un ordenador (sistema servidor). Estos sistemas se comunican a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet).

El sistema de proceso recibe las señales de los sensores instalados en el sistema e informa al usuario por medio de las herramientas Human Machine Interface (HMI). En base a las señales de los sensores y la programación del usuario, el sistema de proceso inicia las acciones necesarias para controlar el sistema a través de los actuadores.

Los datos transmitidos entre el sistema de proceso y los elementos de campo (sensores y actuadores) se realiza mediante los denominados buses de campo. Los datos generados durante los trabajos de supervisión y control, son almacenados en el servidor, para utilizarse posteriormente.

2.1.2.2 Hardware de un sistema SCADA

Un sistema SCADA integra componentes de hardware para tratar y procesar la información captada del sistema. A continuación, se describen los componentes básicos de un sistema SCADA:

- Interfase hombre-máquina (HMI, MMI)
 - Unidad central
 - Unidad remota
 - Sistema de comunicaciones
- **Interfase hombre-máquina (HMI, MMI):** es un sistema de presentación gráfica en tiempo real, donde se visualiza un panel sinóptico que representa el sistema bajo control.
 - **Unidad central (MTU, Master Terminal Unit):** es el ordenador principal del sistema, la información de las subestaciones se envía hacia el MTU; en esta unidad se realiza, principalmente, la tarea de recopilación y archivado de datos. Por lo general, el ordenador principal es una PC que soporta el HMI.
 - **Unidad Remota (RTU, Remote Terminal Unit):** las unidades remotas son elementos dedicados a labores de control y/o supervisión, se ubican en nodos estratégicos del sistema, gestionando y controlando las subestaciones. Reciben las señales de los sensores de campo y comandan los elementos finales de control, actuadores, ejecutando el software de la aplicación SCADA. A continuación, se mencionan los siguientes elementos que son integrados en el SCADA:
 - **RTU (Remote Terminal Unit):** especializados en comunicación.

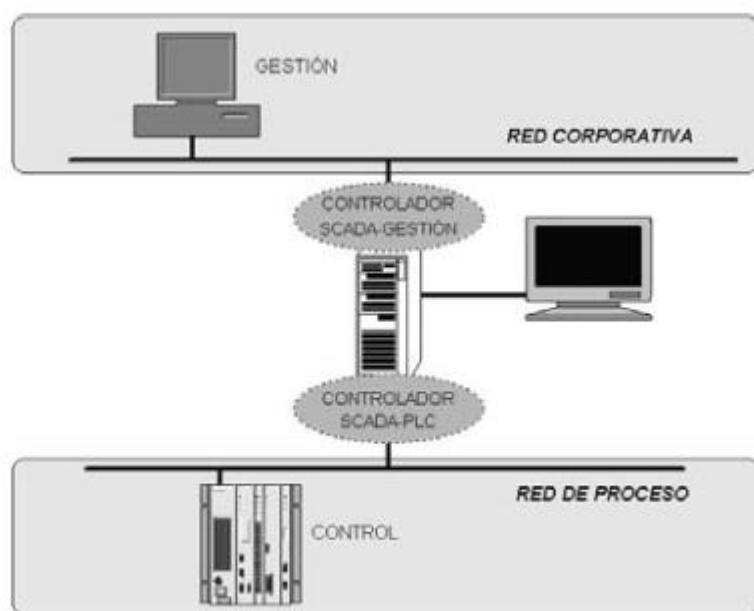
- **PLC (Programmable Logic Controller):** tareas generales de control.
- **IED (Intelligent Electronic Device):** tareas específicas de control.
- **Sistema de comunicación:** en este nivel se gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de servidores desde el sistema. Existen controladores de diferentes fabricantes que son compatibles con un gran número de protocolos de comunicación existente (buses de campo), gracias a esta compatibilidad, es posible establecer cualquier tipo de comunicación entre un servidor de datos y los elementos de campo.

2.1.2.3 Software de un sistema SCADA

Un programa del tipo HMI se instala y ejecuta en un ordenador o terminal gráfico y la comunicación con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión se llevan a cabo con programas denominados controladores (o driver) de comunicaciones, como se visualiza en la figura 2.3.

Figura 2.3

Concepto de driver o controlador



Fuente: Rodríguez, P. (2013) "Sistemas SCADA".

El controlador de comunicaciones se encarga de la traducción entre el lenguaje del programa SCADA y el autómata programable (por ejemplo, con Profibus), o entre el SCADA y la red de gestión de la empresa (por ejemplo, con Ethernet).

En un programa SCADA se tienen dos bloques con diferentes características:

- Programa de desarrollo: contiene las utilidades relacionadas con la creación y edición de las diferentes interfaces gráficas de la aplicación, así como sus características (textos, dibujos, colores, propiedades de los objetos, programas, etc.).
- Programa de ejecución o run time: permite ejecutar la aplicación creada con el programa de desarrollo

2.1.3 Instrumentación Industrial

Para Aguilar (2013) en el proceso de automatización se diseñan sistemas que se encargan de la ejecución de tareas repetitivas y del control de los procesos con la mínima manipulación humana, para ello se requiere la implementación de instrumentación, dispositivos de maniobra, equipamiento, autómatas, paneles, SCADAs y redes de comunicación que enlacen los elementos componentes del sistema de automatización. El autor define la automatización industrial como:

Un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos, fluidos, soportados por tecnologías de información y comunicación, todos ellos unidos para operar, supervisar y controlar diferentes tipos de procesos técnicos de forma autónoma y con la mínima intervención humana. (p.108).

Con la implementación de los sistemas automatizados se logra:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.

- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, eliminando trabajos de alto riesgo.

- Ejecución de las operaciones más difíciles de controlar intelectual o manualmente.

- Mejorar la disponibilidad de los productos, agilizando la producción.

Según Creus (2010) la instrumentación relaciona y controla las variables enlazadas a su controlador para un funcionamiento del proceso, se diferencia la instrumentación relacionada al proceso y relacionada a la seguridad. (p.22).

Además, la instrumentación se diferencia según la función del instrumento y en función de la variable de proceso.

En función del instrumento:

Instrumentos ciegos: No permiten visualizar la variable medida en el mismo instrumento.

Instrumentos indicadores: Permite visualizar la variable medida en el mismo instrumento, esto permite, tener la información de la lectura del instrumento en el mismo campo.

Instrumentos registradores: Registran mediante un trazo continuo o en intervalos la variable, estos gráficos que forman son circulares o rectangular. Además, también existe registradores que almacenan la información en su memoria interna que luego es obtenida mediante un programa especializado.

Sensor: Obtienen el valor de medición al estar en contacto directo con variable de proceso, con esta medición envía una señal de salida predeterminada. El sensor es denominado el elemento primario.

Transmisores: Obtienen la medición de la variable del proceso a través del elemento primario (Sensor que se encuentra en contacto con el proceso) y la transmiten a distancia mediante comunicación al controlador.

Controladores: Recibe las señales de los sensores y las cataloga como entradas y en función de su programación que se ha diseñado, realiza el cambio de estado en sus salidas, estas salidas son relacionadas a los elementos finales de control.

Elemento final de control: Recibe la señal de la salida del controlador y realiza la acción física en el proceso, como lo es una válvula motorizada entre otras.

En función de la variable de proceso:

Relacionado a las variables del proceso, los instrumentos se dividen en instrumentos de medición de: temperatura, presión, nivel, densidad, caudal, entre otras.

2.1.4 Niveles de la automatización

Los niveles de la automatización son representados en la pirámide de la automatización donde se encuentra involucradas todas las tecnologías de un entorno industrial.

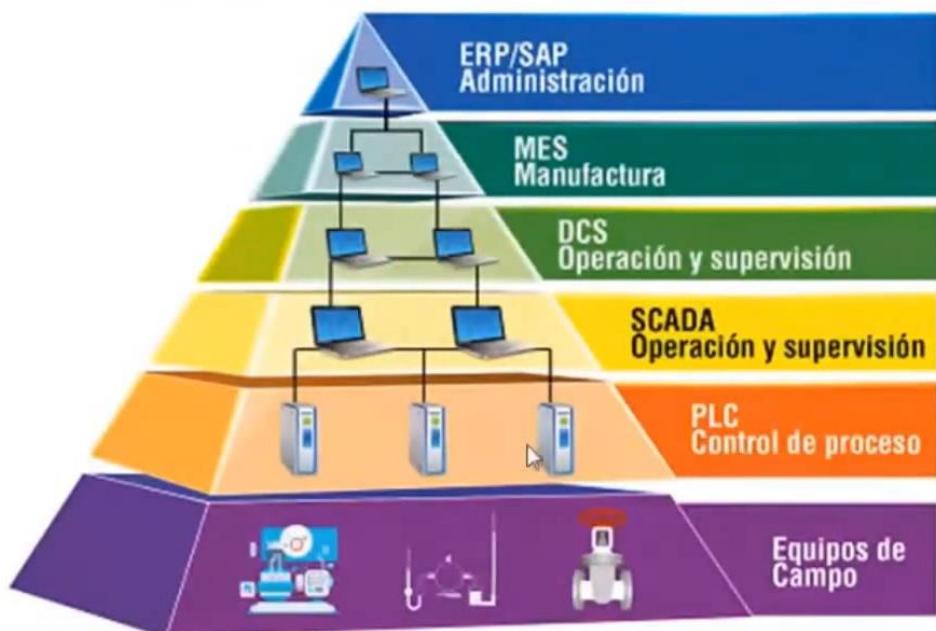
Los niveles de la automatización son los siguientes:

- **Nivel de campo:** Nivel que comprende todos los equipos físicos de campo como los sensores y actuadores.
- **Nivel de control:** Nivel donde se encuentran los controladores de campo como los PLCs que reciben la información de los sensores y generan acciones programadas hacia los actuadores.

- **Nivel de operación y supervisión:** Nivel donde se encuentra la supervisión del sistema en base a un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) y DCS (Sistema de control distribuido)
- **Nivel de Manufactura:** Nivel de operación donde se gestiona y planifica los flujos de trabajos con el objetivo de optimizar procesos.
- **Nivel de administración:** Nivel de gestión donde se relaciona toda la información de una organización, comunicando la planta industrial y mantenimiento relación con los clientes.

A continuación, se muestra la figura 2.4, donde se observa la pirámide de la automatización industrial:

Figura 2.4 Pirámide de automatización industrial



Fuente: Adaptado de Centro de ciberseguridad industrial, (2017, p.1) Ciberseguridad en la pirámide de automatización industrial

2.1.5 Análisis costo - beneficio

En el trabajo de investigación de Lara (2017), el autor indica que el análisis costo-beneficio es una técnica que se utiliza para evaluar proyectos de inversión, y consiste en comparar los costos asociados a la realización de un proyecto con los beneficios financieros que producirá el proyecto.

2.1.5.1 Indicadores de rentabilidad

En el trabajo de investigación de Angulo (2016), el autor indica que la evaluación de la rentabilidad de un proyecto mediante el análisis del flujo de caja financiero, se realiza calculando los valores de los indicadores de rentabilidad.

- **Valor actual neto:** El cálculo del valor actual neto (VAN) se realiza sumando los valores actuales de los flujos proyectados, ajustados al periodo inicial, utilizando una tasa de interés definida por los accionistas. Dicha tasa es el costo de oportunidad de los accionistas (COK), es decir, la rentabilidad esperada en otros proyectos de inversión.

El valor del VAN se obtiene de la ecuación 2.5.

$$VAN = I_0 + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (2.5)$$

Donde:

VAN: Valor actual neto

I₀: Inversión inicial en el periodo cero.

FNE: Flujo neto efectivo del periodo respectivo.

i: Costo de oportunidad del capital COK.

n: Vida útil del proyecto

Luego de obtenido el valor del VAN, este será interpretado para tomar la decisión de aceptar o rechazar la inversión. A continuación se muestra la tabla 2-2 para la interpretación del VAN.

Tabla 2-2 Interpretación del VAN

Valor VAN	Interpretación	Decisión
VAN > 0	Se logró recuperar la inversión y el rendimiento es mayor que el COK generando ganancias adicionales	Aceptar inversión
VAN = 0	Se logró recuperar la inversión y el rendimiento es igual que el COK. No se generó ganancias adicionales	Indiferente
VAN < 0	No se logró recuperar la inversión y el rendimiento es menor que el COK	Rechazar inversión

Fuente: (Elaboración propia)

- Tasa interna de retorno (TIR): La TIR es la tasa de descuento para que el VAN sea igual a cero, es decir, es la tasa que aplicada a los flujos proyectados se obtenga un valor igual al monto de inversión inicial. La TIR se obtiene con la siguiente ecuación 2.6.

•

$$VAN = 0 = I_0 + \frac{FNE_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR)^2} + \cdots + \frac{FNE_n}{(1 + TIR)^n} \quad (2.6)$$

Donde:

VAN: Valor actual neto

I₀: Inversión inicial en el periodo cero.

FNE: Flujo neto efectivo del periodo respectivo.

TIR: Tasa interna de retorno.

n: Vida útil del proyecto

Luego de calcular el valor del TIR, este será interpretado, para ello se muestra la siguiente tabla 2-3.

Tabla 2-3 Interpretación del valor del TIR

Valor VAN	Interpretación	Decisión
TIR > COK	El rendimiento es mayor que el COK, generando ganancias superiores a lo esperado	Aceptar inversión
TIR = COK	El rendimiento es igual que el COK. No se generó ganancias adicionales	Indiferente
TIR < COK	El rendimiento es menor que el COK, no se genera las ganancias esperadas	Rechazar inversión

Fuente: (Elaboración propia)

2.1.6 Remediación ambiental

En el trabajo de tesis de grado de Berrios, K. (2022). El autor indica que la remediación es un proceso enfocado en reducir o eliminar los niveles de contaminación en el suelo y subsuelo, con el propósito de alcanzar niveles aceptables, y de esta manera reducir el riesgo a la salud y el ambiente en relación a la contaminación.

2.1.6.1 Biorremediación

En el libro de Torres, M. et al (2004). “Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en Infraestructura de transporte terrestre”, el autor indica que la biorremediación consiste en el uso de microrganismos naturales (enzimas, levaduras, hongos o bacterias) para descomponer o degradar sustancias

peligrosas en otras con un menor grado de toxicidad o eliminar la toxicidad. Los principales factores que determinan la eficacia del proceso de biorremediación son los siguientes:

- Oxígeno: La disponibilidad de oxígeno es necesaria para la bio oxidación de los compuestos orgánicos. Las reacciones de oxidación tienen una alta importancia en la biodegradación de los hidrocarburos. La oxigenación se logra mediante equipos pesados para realizar el volteo de suelos o instalando tuberías perforadas conectadas a un compresor de oxígeno.
- Humedad: los suelos a remediar requieren un grado de humedad que permita el crecimiento adecuado de los microorganismos. El intervalo del grado de humedad recomendado por Petroperú es del 20% al 30%.
- Potencial de hidrógeno (pH): Para mantener el crecimiento de los microorganismos degradadores de hidrocarburos, el pH del suelo debe tener valores en el rango de 6 a 8. Si el valor del pH disminuye se debe utilizar cal para mezclar con el suelo.
- Temperatura: La temperatura influye en la tasa de degradación de los hidrocarburos. Se recomienda un rango de 10 a 45°C para el proceso de biorremediación.
- Nutrientes: Los microorganismos requieren de nutrientes inorgánicos como nitrógeno y fósforo para mantener su crecimiento. En general, se recomienda agregar nutrientes usando fertilizantes agrícolas comerciales como urea, nitrato de amonio o superfosfato triple.

2.1.6.2 Estandar de calidad ambiental (ECA)

El estandar de calidad ambiental para suelo, fue aprobado mediante el decreto supremo N° 011-2017-MINAM, el 02 de diciembre del 2017. El ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancia o párametros

fisicos, quimicos y biologicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condicion de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. En la siguiente tabla 2-4 se muestra el ECA para hidrocarburos.

Tabla 2-4

Estándar de calidad de suelo para hidrocarburos

Parámetros en mg/kg (Peso Seco)	Usos del suelo		
	Agrícola	Residencial/ Parques	Comercial/ Industrial/Extractivo
Hidrocarburos de Petróleo			
Fracción de Hidrocarburos F1 (C6- C10)	200	200	500
Fracción de Hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000
Fracción de Hidrocarburos F2 (>C28-C40)	3000	3000	6000

Fuente: Adaptado de D.S. N° 011-2017-MINAM

2.1.7 Disponibilidad

Riba (2002) menciona que el concepto de disponibilidad supera los conceptos de fiabilidad y de mantenibilidad, recalando lo siguiente:

“La disponibilidad es la aptitud de un producto, máquina o sistema para cumplir su función, o estar en condiciones de hacerlo en un momento dado cualquiera” (p.199).

Para Mesa (2006), el principal objetivo del mantenimiento es la disponibilidad, y la define como la confianza de que un componente o sistema, al que se aplicó un mantenimiento, operará satisfactoriamente para un tiempo establecido. El autor indica que, para aumentar la disponibilidad del equipo o sistema, se tiene que reducir los tiempos de los mantenimientos correctivos. Además, menciona que, en la fase de diseño, se debe buscar el equilibrio entre la disponibilidad y el costo de la implementación del equipo o sistema, de manera que se reduzca el costo total del ciclo de vida.

Índices de disponibilidad

García (2003) considera los siguientes índices de disponibilidad: la disponibilidad total, disponibilidad por averías, tiempo medio entre fallos y tiempo medio entre reparación, los mismos que se definen a continuación:

- Disponibilidad total, es el cociente entre las horas que un equipo o maquina ha estado disponible para el trabajo y las horas totales en un periodo o turno de trabajo, se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\text{Horas}_{trabajo} - \text{Horas}_{mantenimiento}}{\text{Horas}_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$\text{Horas}_{trabajo}$: Horas totales de trabajo

$\text{Horas}_{mantenimiento}$: Horas detenidas por mantenimiento

- Disponibilidad por averías, el cálculo es similar a la disponibilidad total, solo difiere en las horas detenidas por mantenimientos, para este caso solo se contabilizan las horas paradas por fallas. Se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Disponibilidad por averías} = \frac{\text{Horas}_{trabajo} - \text{Horas}_{parada\ por\ averías}}{\text{Horas}_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$\text{Horas}_{trabajo}$: Horas totales de trabajo

$\text{Horas}_{parada\ por\ averías}$: Horas paradas por averías

- Tiempo medio entre fallas o MTBF por sus siglas en inglés, nos indica con qué frecuencia ocurren las averías, se calcula con la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{Horas_{trabajo}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

- Tiempo medio de reparación o MTTR por sus siglas en inglés, nos indica el tiempo medio en que una maquina o equipo esta inoperativa hasta que vuelve a un estado operativo, se calcula con la siguiente formula:

$$MTTR = \frac{Horas_{parada \text{ por } averías}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

2.2 Marco conceptual

A continuación, se definen los conceptos para la correcta interpretación del desarrollo del presente trabajo:

Mantenimiento

Conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas

Contingencias

Son eventos de derrame de hidrocarburos causados por actos delictivos, fenómenos geodinámicos o corrosión en el oleoducto.

Derrame

Vertimiento o descarga de hidrocarburos producidos por un accidente o práctica inadecuada que contamina el medio ambiente.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Desarrollo del diseño

El desarrollo de la investigación se dividió en tres secciones: recolección y procesamiento de los datos, arquitectura y filosofía de control e interfaz gráfica y validación como se muestra en la figura 3.1.

En la primera sección, se recopilaron los datos en base a los formatos detallados en el anexo 1: Datos generales del oleoducto y en el anexo 2: Parámetros de operación del oleoducto, los cuales fueron procesados para el dimensionamiento de las válvulas de bloqueo.

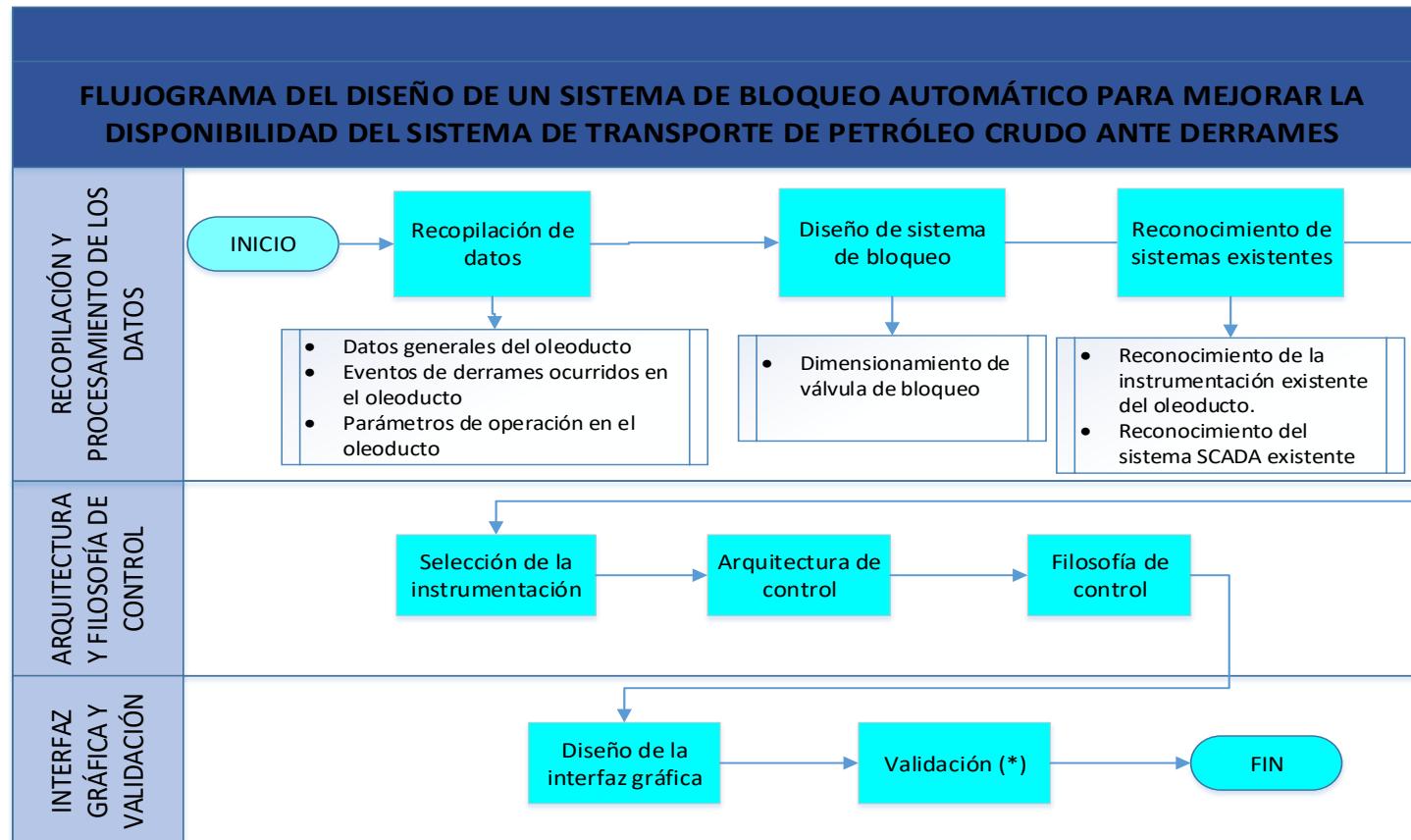
En la segunda sección, se seleccionaron los instrumentos que comprende el presente diseño, se elaboró la arquitectura de integración basado en los niveles de automatización, y se elaboró la filosofía de control que comprende todas las lógicas operacionales y de seguridad del proceso.

En la tercera sección, se diseñó la interfaz gráfica, donde se realizaron las simulaciones de las lógicas de operación y seguridad según la filosofía de control.

(*) Este ítem será desarrollado en el capítulo 4

Figura 3.1

Flujograma del diseño



Fuente: (Elaboración propia)

3.2 Recopilación de datos

En base al flujograma desarrollado, se recopiló los datos que permiten el dimensionamiento y ubicación de las válvulas.

3.3 Datos generales del oleoducto

Para la presente investigación se consideró como objeto de estudio el tramo II del oleoducto nor Peruano descrito en la unidad de análisis. La información recopilada respecto a los datos generales del oleoducto y el fluido que transporta, se ordenó en una hoja de cálculo como se muestra en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3-1

Datos generales del Oleoducto

DATOS GENERALES DEL OLEODUCTO	
Longitud del Oleoducto (km)	548
Diámetro del Oleoducto (in)	36
Material del oleoducto	API X52
Espesor mínimo (in)	0.312
Espesor máximo (in)	0.875
Producto transportado	Petróleo crudo
Grado API	24.85°
Gravedad específica	0.895
Viscosidad (cSt@18°C)	38.0

Fuente: (Elaboración propia)

3.4 Historial de derrames en el Oleoducto tramo II

La información recopilada respecto al historial de derrames en el tramo II del ONP, entre los años 1997 al 2021, se ordenó en una hoja de cálculo como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3-2

Historial de derrames en el Tramo II del ONP

Nº	AÑO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	FECHA	CAUSA	VOLUMEN DERRAMADO
1	1997	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 441+500 - Tramo II	17-jun.-97	Causas naturales	-
2	1998	PIURA	SECHURA	Km. 784+500 - Tramo II	12-ene.-98	Corrosión	-
3	1999	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 483+100 - Tramo II	13-may.-99	Causas naturales	-
4	1999	CAJAMARCA	JAEN	Km. 620+932 - Tramo II	19-jul.-99	Corrosión	-
5	2000	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 483+130 - Tramo II	1-ene.-00	Causas naturales	-
6	2000	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km. 692+880 - Tramo II	18-feb.-00	Causas naturales	-
7	2003	CAJAMARCA	JAEN	Km. 577+600 - Tramo II	3-jul.-03	Causas naturales	-
8	2006	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 472+100 - Tramo II	8-may.-06	Causas naturales	-
9	2008	LORETO	DATUM DE MARAÑON	Km. 323+750 - Tramo II	11-mar.-08	Causas naturales	-
10	2009	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 496+600 - Tramo II	11-jun.-09	Causas naturales	-
11	2011	CAJAMARCA	JAEN	Km. 544+410 - Tramo II	11-mar.-11	Causas naturales	22 barriles
12	2011	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 513+500 - Tramo II	3-abr.-11	Atentado acción de terceros	60 barriles
13	2011	PIURA	SECHURA	Km. 810+800 - Tramo II	6-nov.-11	Atentado acción de terceros	500 barriles
14	2012	PIURA	SECHURA	Km. 791+600 - Tramo II	14-abr.-12	Atentado acción de terceros	264.9 barriles
15	2012	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km. 397+300 - Tramo II	4-sep.-12	Causas naturales	260 barriles
16	2013	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+053 - Tramo II	21-sep.-13	Causas naturales	10 barriles
17	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 547+475 - Tramo II	25-may.-14	Causas naturales	88.1 barriles
18	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 609+031 - Tramo II	18-sep.-14	Corrosión	20 barriles aprox.
19	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 622+500 - Tramo II	18-nov.-14	Atentado acción de terceros	258 barriles
20	2014	PIURA	SECHURA	Km. 835+200 - Tramo II	10-dic.-14	Atentado acción de terceros	-

Nº	AÑO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	FECHA	CAUSA	VOLUMEN DERRAMADO
21	2014	PIURA	SECHURA	Km. 814+271 - Tramo II	27-dic.-14	Atentado acción de terceros	-
22	2015	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+086 - Tramo II	19-feb.-15	Causas naturales	-
23	2015	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+193 - Tramo II	09-mar.-15	Corrosión	0.01 barriles
24	2015	PIURA	SECHURA	Km. 796+869 - Tramo II	21-sep.-15	Atentado acción de terceros	122 barriles
25	2015	CAJAMARCA	JAEN	Km. 569+713 - Tramo II	2-nov.-15	Corrosión	54 barriles
26	2015	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 516+408 - Tramo II	6-nov.-15	Causas naturales	16 barriles
27	2016	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 440+781 - Tramo II	25-ene.-16	Causas naturales	-
28	2016	CAJAMARCA	JAEN	Km. 661+980 - Tramo II	17-feb.-16	Error operativo Fallas de accesorios Defectos de reparación	-
29	2016	PIURA	SECHURA	Km. 810+692 - Tramo II	7-mar.-16	Atentado acción de terceros	-
30	2016	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km. 364+990 - Tramo II	10-ago.-16	Atentado acción de terceros	-
31	2017	CAJAMARCA	JAEN	Km. 569+825 - Tramo II	23-may.-17	Corrosión	3 barriles
32	2017	PIURA	SECHURA	Km. 810+978 - Tramo II	18-jun.-17	Atentado acción de terceros	-
33	2019	LORETO	DATEM DE MARAÑON	Km. 323+185 - Tramo II	1-ene.-19	En investigación	-
34	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.550+058.4 - Tramo II	29-ene.-19	En investigación	-
35	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.612+641 - Tramo II	17-ene.-19	En investigación	-
36	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.611+955 - Tramo II	27-mar.-19	En investigación	-
37	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.604+360 - Tramo II	18-abr.-19	En investigación	0.25 barriles
38	2019	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km.371+734 - Tramo II	9-jul.-19	Atentado acción de terceros	-
39	2019	AMAZONAS	BAGUA	Km.400+710 - Tramo II	11-ago.-19	Atentado acción de terceros	-
40	2019	AMAZONAS	JAEN	Km.548+784 - Tramo II	21-dic.-19	En investigación	-
41	2020	CAJAMARCA	JAEN	Km.609+223 - Tramo II	16-may.-20	En investigación	-
42	2020	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km.713+163.5 - Tramo II	8-sep.-20	En investigación	-
43	2020	CAJAMARCA	JAEN	Km.567+936 - Tramo II	16-nov.-20	En investigación	-
44	2020	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km.718+027 - Tramo II	30-ene.-21	En investigación	0.9 barriles

Fuente: Osinergmin. (2021). "Expediente 202100184224"

En el trabajo de (Petroperú, 2024), se indica que entre el periodo de dic-2022 a feb-2024, se han registrado catorce contingencias en el Oleoducto Nor Peruano, de las cuales cuatro ocurrieron en el Tramo I y diez en el Tramo II. Trece de estas contingencias fueron causadas por corte intencional con herramienta mecánica.

3.5 Parámetros de operación

La información recopilada respecto a los parámetros de operación del tramo II del ONP se ordenó en una hoja de cálculo, como se muestra en la tabla 3.3

Tabla 3-3

Parámetros de operación del Tramo II del ONP

Progresiva	Presión de operación	Temperatura de operación	Presión de diseño	Clase de brida (ANSI)	Cedula tubería
318+198	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	14.3
406+777	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	7.9
466+772	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
559+000	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
565+306	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
605+800	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	900#	8.7

Fuente: Petroperú. (2019). "Condiciones técnicas integradas JTEO-015-2019"

3.6 Selección de la instrumentación y equipos

Para el presente trabajo de investigación se realizó la selección de la instrumentación y equipos para el sistema de bloqueo automático. A continuación se detallan y describen los instrumentos y equipos seleccionados:

- Válvula de bloqueo
- Transmisor de presión: PIT 01A, PIT 01B
- Transmisor de temperatura: TT 01
- Gabinete COM:
 - RTU/PLC

- Switch administrable (SW)
 - Cámara CCTV (CCTV)
 - Phoenix Contact DT-LAN-CAT6 (PT)
 - Phoenix Contact INJ 1000 (POE)
- Gabinete TDP:
- MPPT 150/60 (REG)
 - Venus GX (VENUS)
 - Victron BMV 700 (BMV)
 - Switch de 5 puertos MOXA EDS 205
 - Modbus Gateway ANYBUS E214107 (GW)

3.7 Válvula de Bloqueo

Las válvulas de bloqueo seleccionadas son del tipo Emergency Shut Down (ESD) y cuentan con un actuador electrohidráulico. El dispositivo de parada de emergencia tiene como función principal prevenir y/o minimizar la ocurrencia de desastres causados por accidentes o fallas en el oleoducto. A continuación, se muestra en la figura 3.2 la válvula y actuador electrohidráulico.

Figura 3.2

Válvula y actuador electrohidráulico



Fuente: Parri (2019) Aplicaciones de válvula ESD

Para seleccionar el tipo de actuador se consideró lo siguiente:

- Alto torque e impulso para accionar el dispositivo de parada.
- Limitación del suministro de energía, debido a la ubicación remota de la válvula de bloqueo.

El actuador electrohidráulico seleccionado proporciona un rango alto de torque e impulso, además de tener flexibilidad de opciones de energía, incluido un paquete de energía solar para instalaciones remotas. Las características de la válvula de bloqueo se muestran en la siguiente tabla 3.4.

Tabla 3-4

Datos de la válvula

Característica	valor
Marca / Modelo	Argus / FK 76M
Construcción	API-6D
Cuerpo	Válvula de bola / montada sobre muñones
Material	A 350 GR LF2 / A350
Diámetro nominal (DN)	900 (36 inch)
Conexión de extremos	Soldables
Clase	ANSI 600
Dirección de cierre	R90
Seguridad funcional	IEC 61598 SIL 3
Peso total	15,631,725 kg

Fuente: (Hoja de datos del fabricante)

Las características del actuador electrohidráulico se muestran en la siguiente tabla 3.5.

Tabla 3-5*Datos del actuador*

Característica	valor
Marca	Rotork
Modelo	EH-270S-160F/D1
Tipo	Electro-Hidráulico / doble efecto
Clasificación IP	IP65
<u>Orientación</u>	
Línea de flujo:	Horizontal
Vástago de válvula:	Vertical
Eje del cilindro:	Paralelo al flujo
<u>Suministro de presión</u>	
Mínimo (bar):	103
Máximo (bar):	193
Temperatura ambiente de trabajo	De 5°C a 50°C
<u>Torques (N.m)</u>	
Totalmente abierto (BTO)	80,758.10
Totalmente cerrada (BTC)	65,255.10
Tiempo de apertura (s)	63
Tiempo de cierre (s)	73

Fuente: (Hoja de datos del fabricante)

3.8 Transmisor de presión

El transmisor de presión seleccionado pertenece a la marca Honeywell, modelo STG87L-E1G000-1-A-CHE-11S-F-31A0-F1. En cada válvula de bloqueo están instalados 02 transmisores de presión, ubicados en ambos lados de la válvula y con una distancia de 1.75 metros desde el centro de la válvula.

La selección de la tecnología del transmisor está relacionada con la compatibilidad del módulo de control de la válvula de bloqueo. Con ello se transfiere la responsabilidad de la operación de cierre de las válvulas de bloqueo a la solución tecnológica de los actuadores electrohidráulicos. Los valores de las presiones del oleoducto se visualizan en el sistema SCADA.

A continuación, el transmisor de presión se visualiza en la figura 5.3, y en la tabla 3.6 se listan las características principales.

Figura 3.3

Transmisor de presión de la marca Honeywell



Fuente: Honeywell Process Solutions (2012) Presión manométrica STG800

Tabla 3-6

Datos de transmisor de presión

General	Marca	Honeywell					
	Modelo	STG87L-E1G000-1-A-CHE-11S-F-31A0-F1					
	Tipo	Gauge In-Line	Unidad	psig (Bar)			
	Rango Máximo	3000 psig - 210 Bar					
Material de Diafragma	Acero Inoxidable 316 /	316L SS	Conexión a Proceso	1/2" NPT (female)			
	Fluído de Llenado	Aceite de Silicona 200					
	Orientación de Conexión	Standard	Precisión				
Conexión Electrónica	Material	Poliéster recubierto de aluminio en Polvo	Conexión	1/2" NPT			
	Protección Contra Rayos	Si	Tipo Salida	4-20mA DC - Hart			
	Indicador	Avanzado	Ext Zero, Spam & Boton de Configuración	Si			
	Lenguajes	EN, GR, FR, IT, SP, RU, TU	Diagnóstico	Diagnóstico estándar			
	Protección de Escritura	Deshabilitado	Indicación Modo Fallo	21mA dc			
Accesorios	Tipo de Bracket	Soporte Angular	Material	316 SS			
	Etiqueta	Etiqueta de acero inoxidable con cable (Hasta 4 líneas, 26 caracteres)					
Aprobaciones	<FM> Explosion proof, Intrinsically Safe, Non-incendive, & Dustproof						
Certificación	Informe de prueba de Calibración y certificado de Conformidad (F3399)						
	Certificado de Origen (F0195)						

Fuente: (Elaboración propia)

3.9 Transmisor de temperatura

El transmisor de temperatura seleccionado es de la marca Honeywell, modelo STT650-S2-0-A-AH0-13S-C-F1. El sensor es del tipo RTD (Resistance Temperature

Detector) no intrusivo y está instalado en el oleoducto, a 2 metros aguas arriba de la válvula de bloqueo.

La selección del sensor RTD del tipo no intrusivo es debido a que en las inspecciones del oleoducto, se ejecutan trabajos de mantenimiento como el raspado inteligente de la línea, y estas inspecciones impactan negativamente la integridad de los sensores intrusivos. La temperatura del oleoducto se visualiza en el sistema SCADA. A continuación, se muestra el transmisor de temperatura en la figura 3.4 y el sensor no intrusivo en la figura 3.5.

Figura 3.4

Transmisor de temperatura Honeywell



Fuente: Honeywell Process Solutions (2012) smartline temperature transmitters

Figura 3.5

Sensor RTD



Fuente: Honeywell Process Solutions (2012) smartline temperature transmitters

En la tabla 3.7 se muestran las características técnicas más importantes del sensor RTD y transmisor de temperatura.

Tabla 3-7

Datos del sensor RTD y transmisor de temperatura

SENSOR RTD	Marca	DIGITRACE		
	Modelo	RTD7AL		
	Tipo	RTD No Intrusivo		
	Carcasa de Sensor	Cuerpo de hierro fundido zincado con aluminio- PAC; NEMA 4 , 7		
	Cubierta de Sensor	316 stainless steel	Rango	" -100 a 900 °F (-72 a 482°C)
	Precisión	±1°F (0.5°C) at 32°F (0°C)	Resistencia	100 ohms a 0°C a =0.00385 ohms/ohm/°C
	Conexión	3/4" NPT	RTD Tipo	Tres Hilos
	Area Clasificación	Clase I Div. I	Certificación	CSA

TRANSMISOR	Marca	HONEYWELL	Modelo	STT650-S2-0-A-AH0-13S-C-F1,F5
	Tipo	Montaje para Riel DIN		
	Temperatura Ambiente	"-40 to + 85°C (-40 – 185°F)		
	Humedad	0 to 95% RH (non cond.)		
	Voltaje Alimentación	8 a 30 para version intrínsecamente segura, 8 a 35 para No intrínsecamente segura		
	Efecto Tensión Alimentación	$\leq 0.005\%$ of span per VDC	Warm-up time	5 min.
	Damping (programmable)	0.33 a 60 sec		
	Salida Analógica	4 to 20 mA	Protocolo	HART
	Tiempo de Actualización	135 mSec.	Resistencia de Carga	$\leq (V \text{ supply} - 8) / 0.023$ A 0 to 870Ω
	Nro. De Canales	Simple	Entrada	RTD , T/C, Ohm o mv
	PT-100 Fijo	0,1 °C (1,8°F)	% Spam	0.05%
	Rango	°C	"-200 a 850	°F "-328 a 1562
	Spam Mínimo	25° C (45°F)		
	Efecto Temperatura por 1°C	Fijo	0.005°C (0.009°F)	% Spam "+/- 0.005
	Dimensiones	23,5 x 109x104 mm. (Ancho, Alto, Fondo)		
	Material de Carcasa	Plástico		

Fuente: (Elaboración propia)

3.10 Gabinete COM

El gabinete COM sirve para proteger a los equipos electrónicos de comunicación que se instalaron en el presente trabajo. El material del gabinete es de acero inoxidable con medidas de 1mx1.5m.0.8m y tiene un grado de protección IP 54, que asegura una protección contra polvo y lluvias. Los dispositivos instalados dentro del gabinete son los siguientes:

- RTU/PLC: Son unidades de control y adquisición de datos, diseñadas para sitios remotos. Están equipadas con puerto de conexión de red e incluyen interfaces de radio inalámbricas para comunicarse con el controlador maestro de supervisión. El RTU sirve para adquirir y monitorear las señales provenientes de la instrumentación (temperatura, presión y estados de la válvula ESD).
- Switch administrable (SW): Se instaló un switch de 8 puertos Ethernet, para lograr una óptima capacidad de gestión y configuraciones avanzadas a través de una interfaz de administración.
- Phoenix Contact INJ 1000 (POE): Es un dispositivo inyector de energía eléctrica a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE). La tecnología PoE permite la transmisión de datos y energía a través de un cable Ethernet. El presente dispositivo alimenta a la cámara CCTV instalada para vigilar el lugar donde se instaló la válvula de bloqueo.
- Phoenix Contact DT-LAN-CAT6 (PT): Dispositivo de protección contra sobretensiones según CAT6A, son aptos para tecnologías PoE. Este dispositivo se instaló para proteger la cámara CCTV.

3.11 Gabinete TDP

El gabinete de TDP sirve para proteger a los equipos electrónicos del sistema fotovoltaico que se instalaron en el presente trabajo. El material del gabinete es de acero inoxidable con medidas de 1mx0.5m.0.5m y tiene un grado de protección IP 54, que asegura una protección contra polvo y lluvias. Los dispositivos que se ubican dentro del gabinete son los siguientes:

- MPPT 150/60 (REG): Dispositivo utilizado en el sistema fotovoltaico, se encarga de controlar la corriente de carga hasta 60A y tensión hasta 150V. El controlador tiene la tecnología “Maximum Power Point Tracker” (MPPT), que permite

mejorar la recepción de energía especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente.

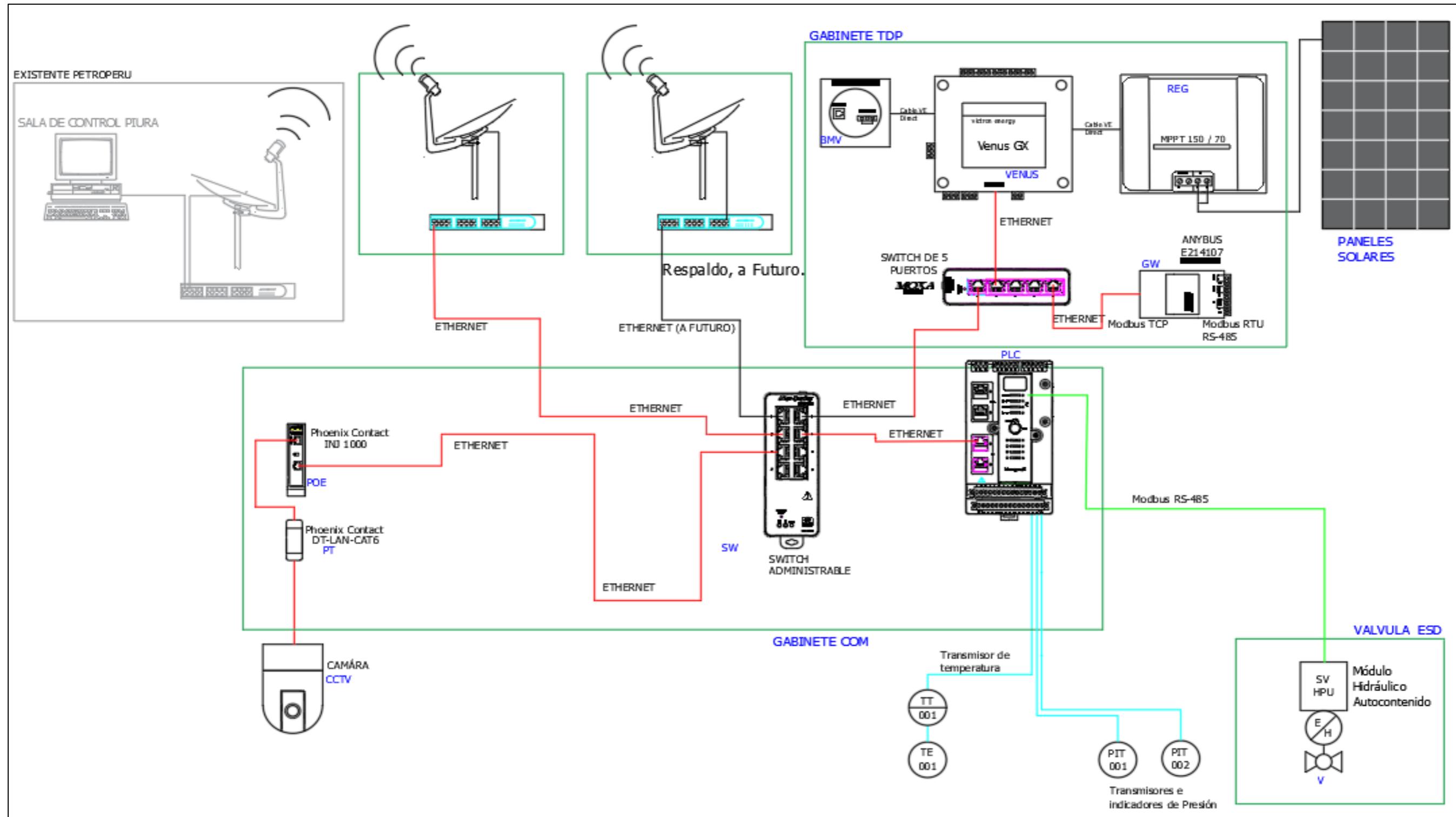
- Venus GX (VENUS): Dispositivo que permite comunicarse con todos los componentes del sistema fotovoltaico. Proporciona información detallada, en tiempo real, sobre la producción de energía solar, el consumo de energía, el estado de carga de las baterías, así como el voltaje y corriente.
- Victron BMV 700 (BMV): Dispositivo dedicado a monitorear el estado de las baterías. Brinda monitoreo en tiempo real de parámetros importantes de la batería, incluidos el voltaje de la batería, la corriente, el estado de carga y la capacidad de la batería.
- Switch de 5 puertos MOXA EDS 205: Es un conmutador Ethernet de grado industrial. Está diseñado para proporcionar conectividad Ethernet confiable y eficiente en entornos industriales remotos. La característica del MOXA EDS-205, es que cuenta con cinco puertos Ethernet, lo que permite la conexión de hasta cinco dispositivos de red.
- Modbus Gateway ANYBUS E214107 (GW): Dispositivo que permite a los dispositivos que utilizan el protocolo Modbus RTU se conecten a una red Modbus TCP.

3.12 Arquitectura de control

A continuación, se muestra la arquitectura de control en la figura 3.6. los dos transmisores de presión, el transmisor de temperatura y las señales del actuador de la válvula ESD se conectan con el PLC.

Figura 3.6

Arquitectura de control



Fuente: (Elaboración propia)

3.13 Filosofía de control

La filosofía de control indica el funcionamiento del sistema en sus diferentes situaciones de operación, así como los diversos tipos de usuarios.

3.13.1 Tipo de usuarios

Los usuarios definidos para el desarrollo, operación y reconocimiento de los instrumentos y válvulas de bloqueo se mencionan en la tabla 3.8.

Tabla 3-8

Tipos de usuarios

TIPO	FUNCIONES
Operador	Monitoreo y reconocimiento de instrumentos y válvulas de campo específicas.
Supervisor	Monitoreo y reconocimiento de todos los instrumentos y válvulas de campo.
Administrador	Desarrollo, monitoreo y reconocimiento de todo el proceso en el tramo II del ONP.

Fuente: (Elaboración propia)

3.13.2 Tipos de operación

Operación normal:

Las válvulas ESD operan en estado normalmente abiertas, permitiendo el flujo continuo del petróleo a través del Tramo II del ONP.

Detección de falla en el sistema:

La presión de operación en el oleoducto es de 61 kg/cm², los sensores de presión instalados en el oleoducto transmiten los valores de presión en tiempo real y ante una

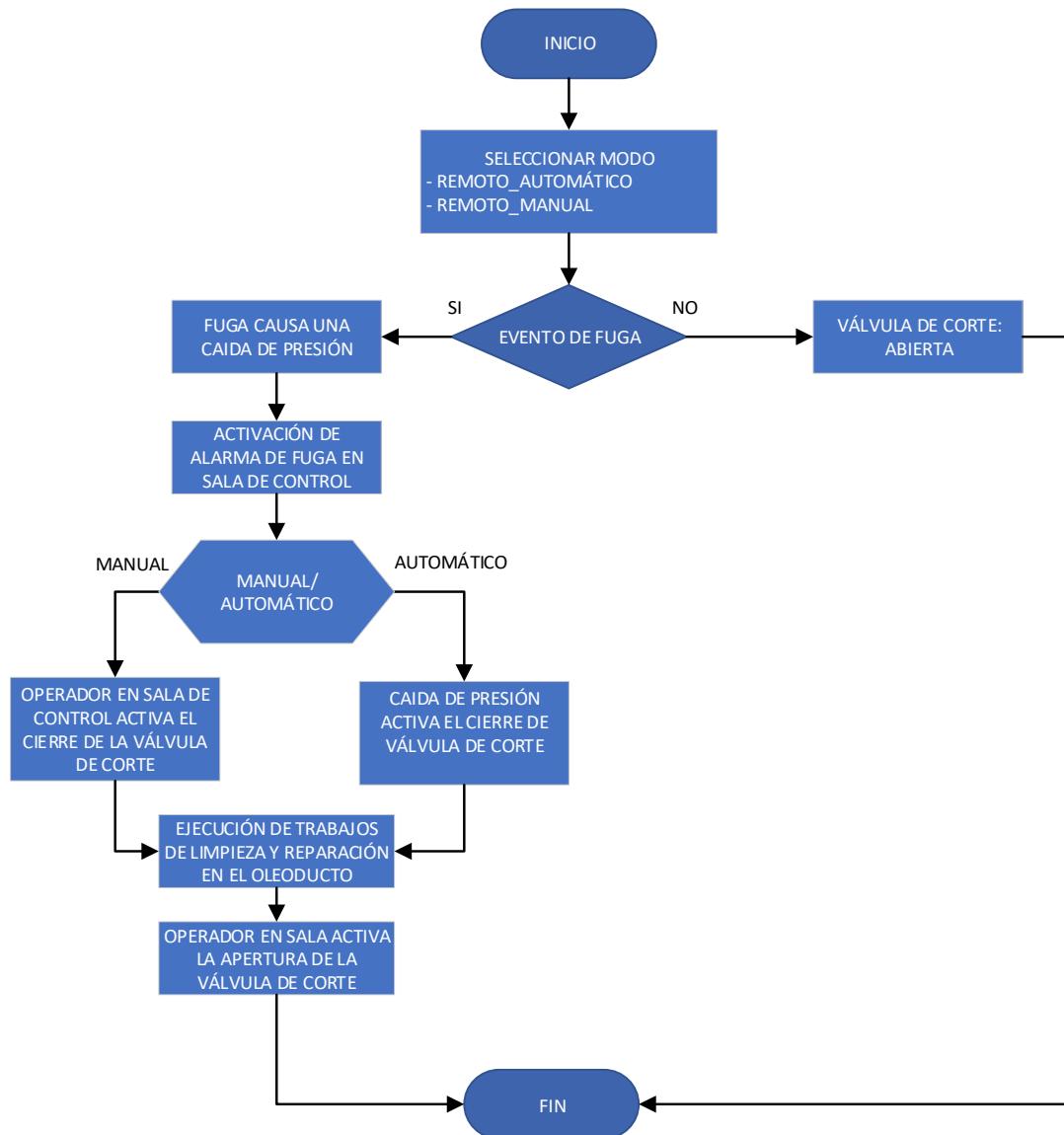
eventual caída de presión, se envía una señal de alarma a la sala de control y se activa el cierre de la válvula ESD en la progresiva donde se presenta la caída de presión.

Diagrama de flujo de operación:

El diagrama de flujo de la operación de la válvula se muestra en la figura 3.7

Figura 3.7

Diagrama de flujo de operación



Fuente: (Elaboración propia)

3.14 Programación del PLC

El software utilizado para la programación y simulación es el TIA PORTAL V16 SP1 de la marca Siemens, del cual se utilizó los módulos que se lista a continuación para el diseño y posterior simulación:

- TIA PORTAL V16
- SIMATIC S7-PLCSIM V16

En base al diagrama de flujo mostrado en la figura 3.7, se desarrolló la programación del sistema de bloqueo automático:

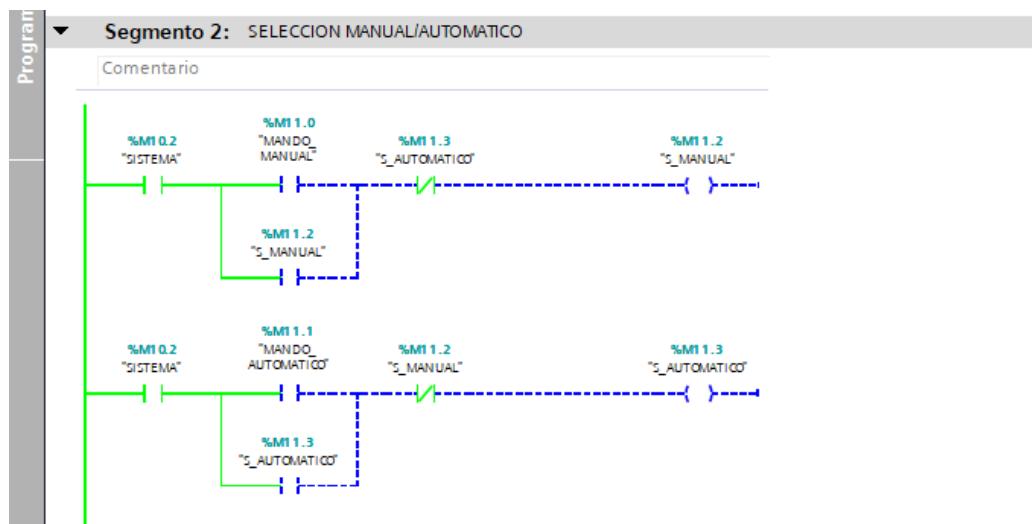
3.14.1 Selección del modo de cierre de la válvula de bloqueo

La programación del sistema de bloqueo se desarrolló considerando 02 modos de cierre de la válvula ESD:

- Operación automática: Ante una caída de presión, detectadas por los sensores instalados en el oleoducto, se activa la alarma en la sala de control y el cierre automático de la válvula ESD.
- Operación manual: Ante una caída de presión, se activa la alarma en la sala de control e inicia el protocolo de comunicación entre el personal supervisor del SCADA y la supervisión del Oleoducto, para coordinar el cierre de la válvula ESD. En la figura 3.8 se muestra la programación de la selección del modo de cierre manual o cierre automático:

Figura 3.8

Programación de la selección del modo de cierre de válvula ESD



Fuente: (Elaboración propia)

3.14.2 Tratamiento de señales análogas

- **Señales de presión:** Las señales análogas de los transmisores de presión requieren ser normalizadas y escaladas para utilizarlas en la programación del sistema de bloqueo automático. Los valores de presión del proceso son asignados a las siguientes variables:

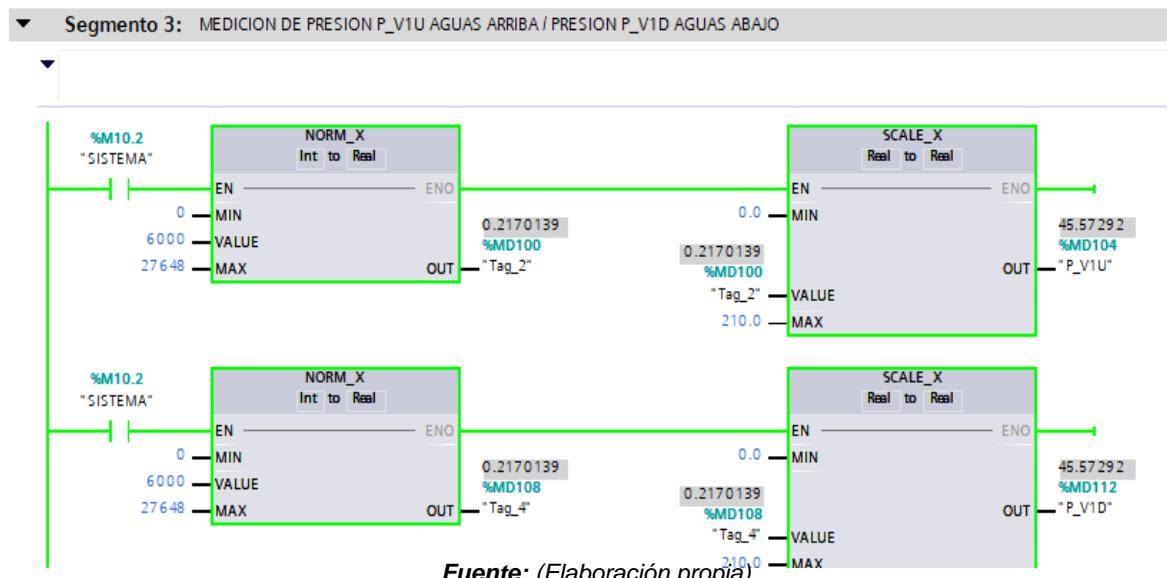
P_V1U: Presión tomada aguas arriba de la válvula de bloqueo V1, medida en kg/cm².

P_V1D: Presión tomada aguas abajo de la válvula de bloqueo V1, medida en kg/cm².

En la figura 3.9 se muestra la normalización y escalamiento de las señales análogas de presión.

Figura 3.9

Tratamiento de señales análogas de presión



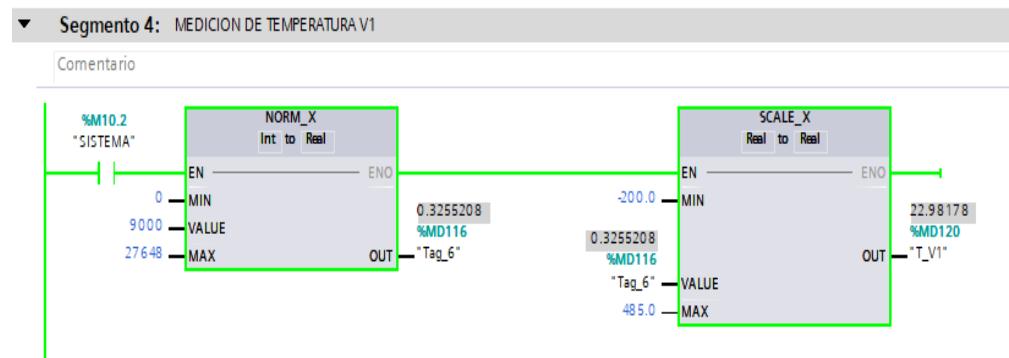
- **Señales de temperatura:** Las señales análogas de los transmisores de temperatura requieren ser normalizadas y escaladas para utilizarlas en la programación del sistema de bloqueo automático. El valor de temperatura del proceso estará asignado a la variable:

T_V1: Temperatura del oleoducto en la válvula de bloqueo V1, medida en °C.

En la figura 3.10 se muestra la normalización y escalamiento de la señal análoga de temperatura.

Figura 3.10

Tratamiento de señales análogas de temperatura



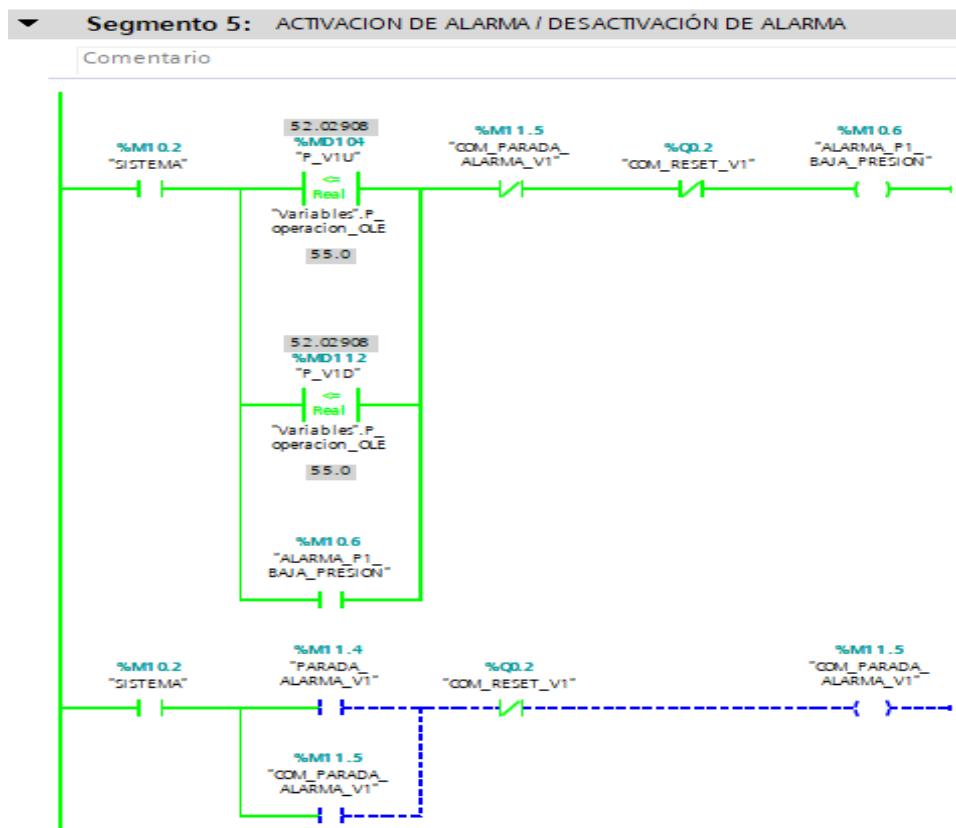
Fuente: (Elaboración propia)

3.14.3 Activación y desactivación de las alarmas ante baja de presión del oleoducto

El sistema de bloqueo automático cuenta con una alarma que se activará cuando la presión en el oleoducto esté por debajo de la presión de operación seteada en la pantalla SCADA. Los valores de presión del oleoducto son transmitidos desde los sensores instalados aguas arriba y aguas debajo de la válvula ESD y son visualizados, en tiempo real, en la pantalla SCADA. La programación de la activación y desactivación de la alarma, se muestra a continuación en la figura 3.11:

Figura 3.11

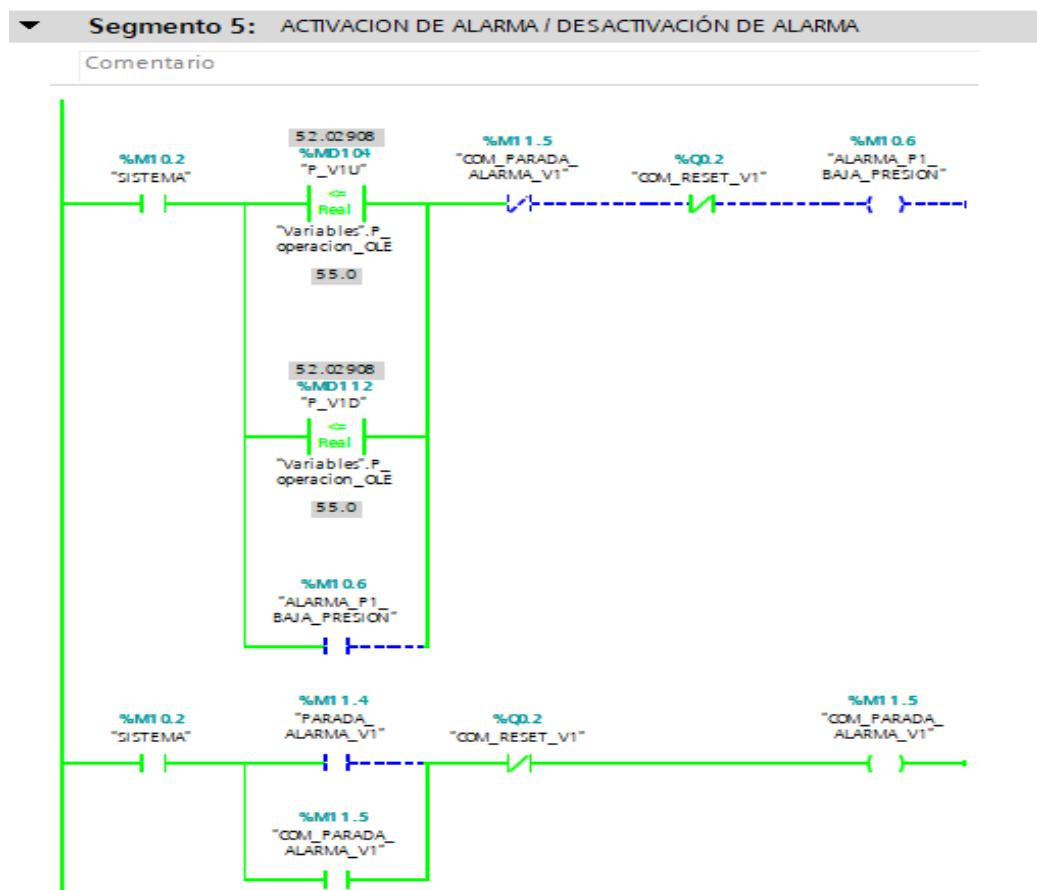
Activación de la alarma por baja de presión en el oleoducto



Fuente: (Elaboración propia)

La desactivación de la alarma de baja presión se realizará de forma automática, cuando los trabajos de reparación en el oleoducto hayan culminado y se restablezca la presión del sistema o de manera virtual activando la variable PARADA_ALARMA_V1, como se muestra en el siguiente gráfico 3.12:

Figura 3.12
Desactivación de alarma de baja presión



Fuente: (Elaboración propia)

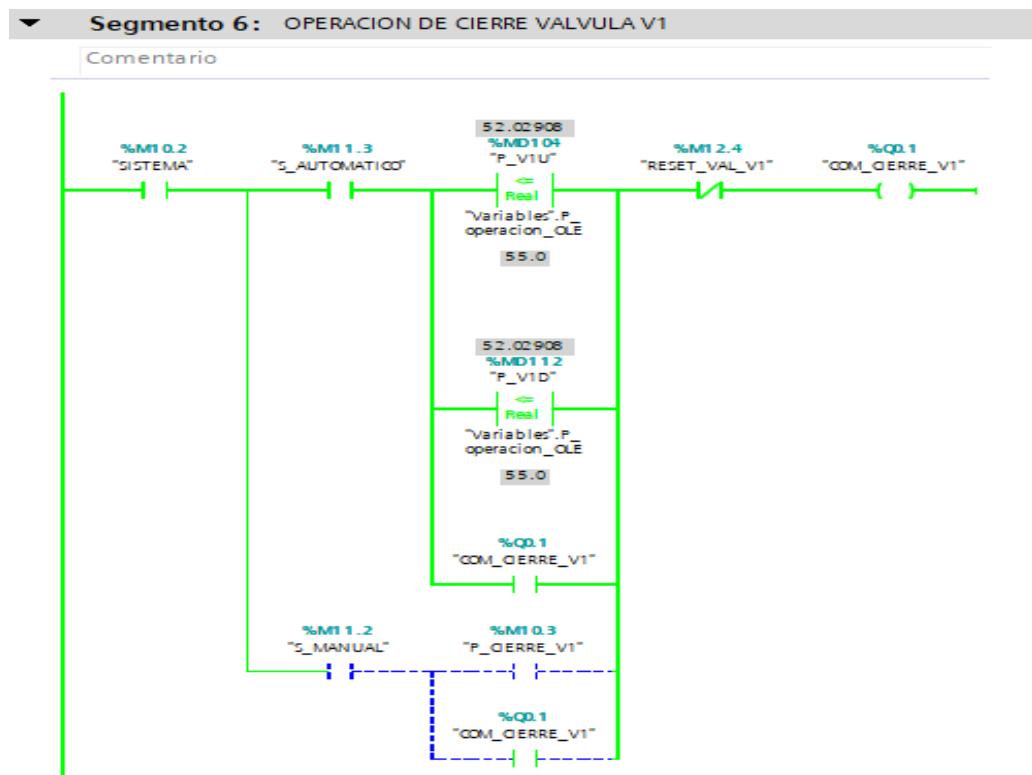
3.14.4 Cierre de la válvula ESD ante baja de presión

El tipo de cierre, automático o manual, de la válvula ESD dependerá de la selección del modo de operación descrito en el apartado 3.14.1 del presente capítulo.

Modo operación automática: El cierre automático de la válvula ESD, salida COM_CIERRE_V1, se activará cuando los sensores de presión, instalados en ambos lados de la válvula, detecten valores por debajo de la presión de operación del oleoducto. La programación del cierre automático se muestra a continuación, en la figura 3.13:

Figura 3.13

Cierre automático de la válvula ESD

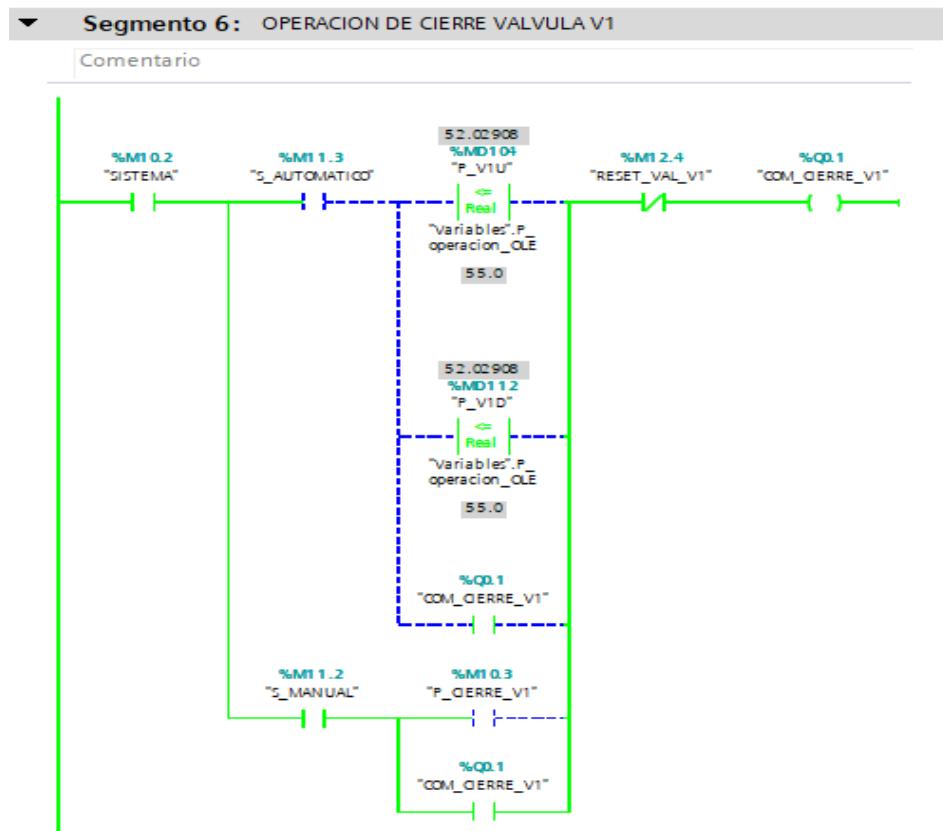


Fuente: (Elaboración propia)

Modo operación manual: El cierre de la válvula ESD se activará cuando el operador del SCADA active la variable P_CIERRE_V1, permitiendo la activación de la salida COM_CIERRE_V1, como se muestra en la siguiente figura 3.14:

Figura 3.14

Cierre manual de la válvula ESD



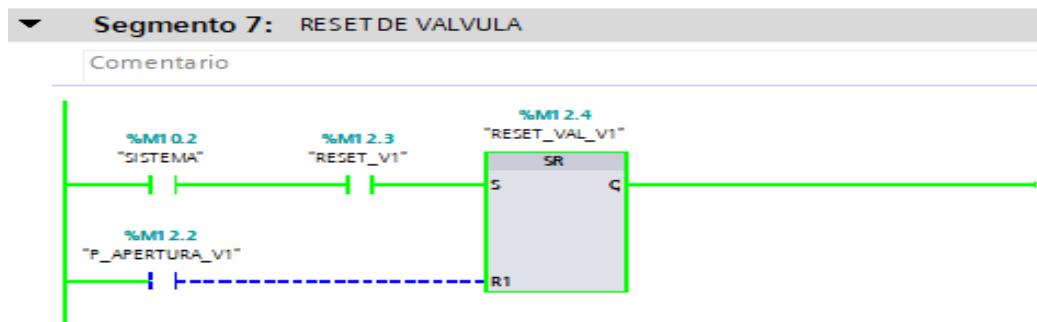
Fuente: (Elaboración propia)

3.14.5 Reset y apertura de válvula ESD

El comando RESET_V1 se activará, manualmente por el operador del SCADA, cuando la válvula ESD se encuentre totalmente cerrada para iniciar los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto. La activación del comando RESET_V1 también desenergiza la salida COM_CIERRE_V1, que alimenta al actuador de la válvula ESD. La programación de la activación del comando RESET_V1 se muestra en el siguiente grafico 3.15:

Figura 3.15

Activación del Reset de la Válvula ESD

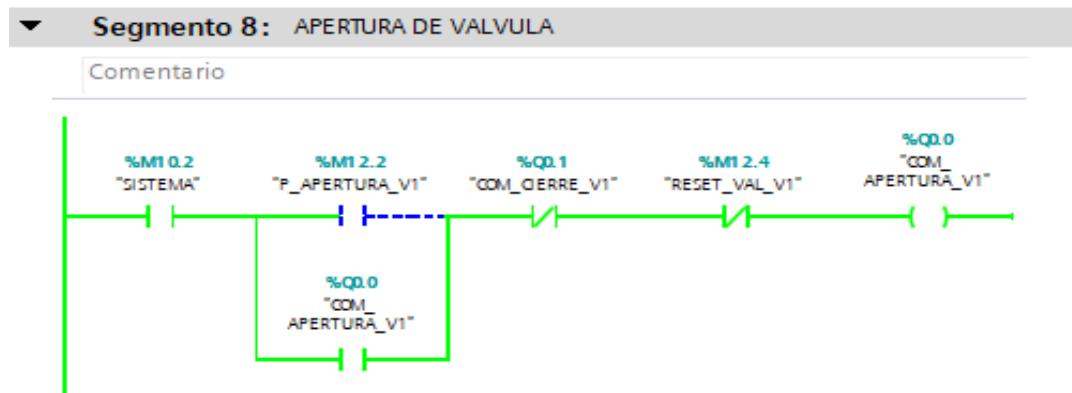


Fuente: (Elaboración propia)

Luego que los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto hayan culminado y el operador del oleoducto apruebe el reinicio de las actividades en el oleoducto, se procederá con la activación de la entrada P_APERTURA_V1, que permitirá la activación de la apertura de la válvula ESD. La programación de la activación de la apertura de la válvula ESD se muestra en el siguiente grafico 3.16:

Figura 3.16

Apertura de la válvula ESD



Fuente: (Elaboración propia)

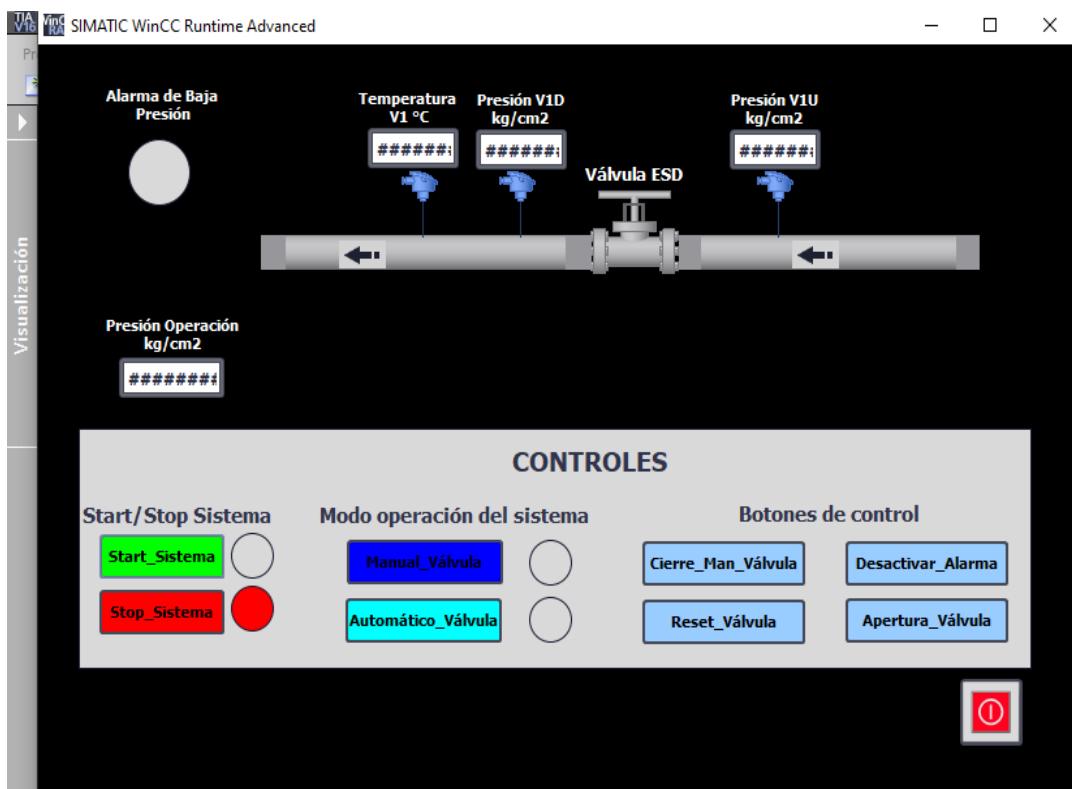
Cuando la válvula ESD se encuentre abierta, se activará manualmente el comando RESET_V1, para desenergizar la salida COM_APERTURA_V1, que alimenta al actuador de la válvula ESD.

3.15 Diseño de la interfaz gráfica

El diseño de la interfaz gráfica, para la interacción hombre-máquina, fue desarrollada en base a la filosofía de control; se consideraron los siguientes elementos visibles: oleoducto de 36", la válvula ESD, los transmisores de presión y de temperatura y la alarma de baja presión. A continuación, se muestra en la figura 3.17, el diseño de la pantalla SCADA.

Figura 3.17

Pantalla SCADA



Fuente: (Elaboración propia)

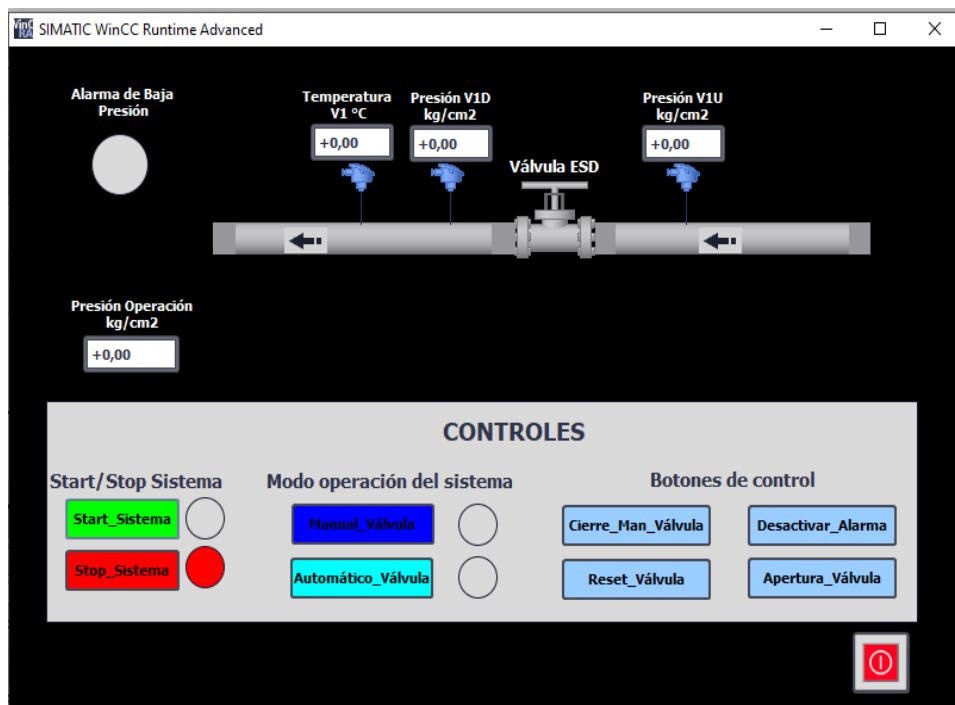
3.15.1 Diseño de pantalla SCADA

La pantalla se diseñó tomando en cuenta las variables del proceso, a continuación, describiremos los componentes de la pantalla SCADA:

- Presión V1D: Presión aguas abajo de la válvula ESD, en kg/cm2.
- Presión V1U: Presión aguas arriba de la válvula ESD, en kg/cm2.
- Temperatura V1: Temperatura del oleoducto en la válvula ESD, en °C.
- Alarma de Baja Presión: Se enciende ante una caída de presión por debajo de la presión de operación, en kg/cm2.
- Válvula ESD: Indica el estado abierto o cerrado de la válvula.

Figura 3.18

Pantalla de inicio del sistema SCADA



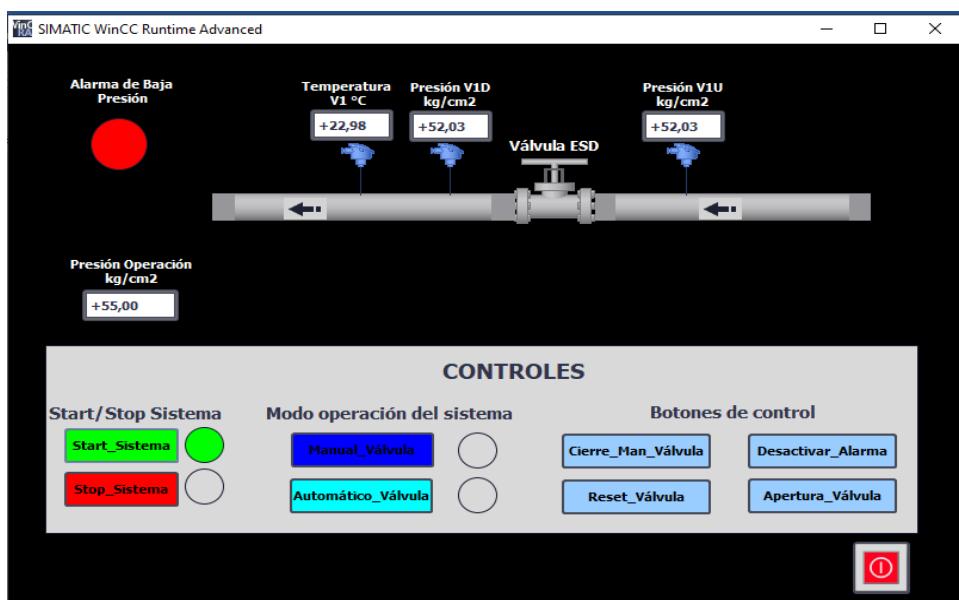
Fuente: (Elaboración propia)

Al iniciar el sistema, activando el botón Start_Sistema e ingresando el valor de la presión de operación, se observa que las presiones en el oleoducto son

menores a la presión de operación y como consecuencia se activa la alarma de baja presión, como se muestra a continuación en la figura 3.19:

Figura 3.19

Inicio de sistema de bloqueo automático



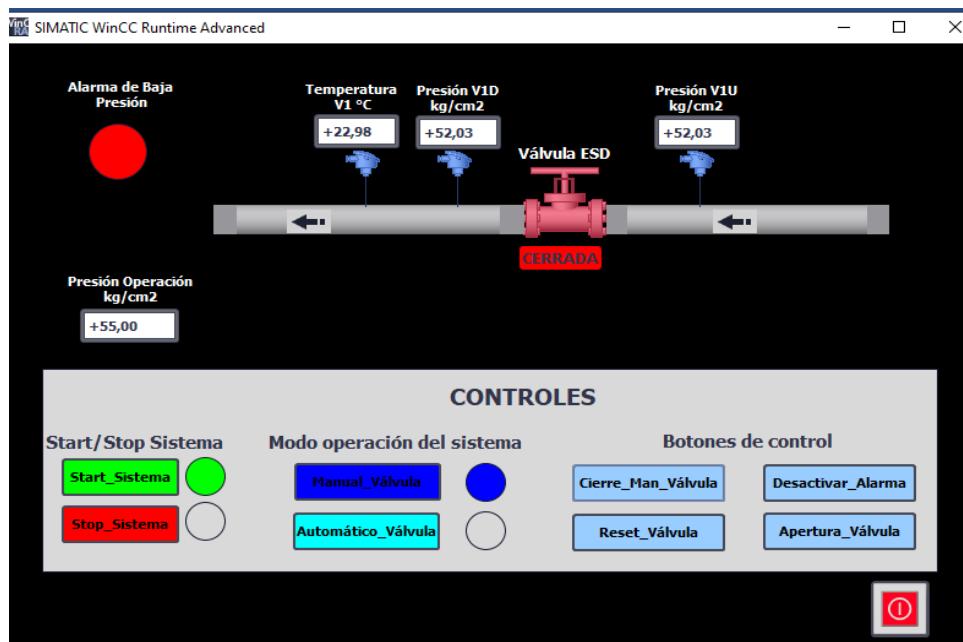
Fuente: (Elaboración propia)

El API 1130 recomienda que el operador del oleoducto debe decidir la parada del oleoducto o cierre de válvula, debido a ello, el sistema de bloqueo automático trabaja, normalmente, en modo manual y luego de la aprobación de la parada del oleoducto se procederá con el cierre de la válvula ESD. En caso de emergencia, la válvula ESD cerrará en 73 segundos, esta velocidad de cierre viene configurada de fábrica. El vendor WORTEC realizó la verificación, mediante simulación en régimen transitorio, que la velocidad de cierre de la válvula no genera un golpe de ariete que comprometa la integridad mecánica del oleoducto. La presión generada durante el cierre de la válvula no supera los 38.35 kg/cm² de presión y además es menor que la presión de diseño del oleoducto 73.2 kg/cm²; por lo tanto, se concluye que la integridad mecánica del oleoducto no está comprometida.

El cierre de la válvula ESD se muestra a continuación, en la figura 3.20:

Figura 3.20

Cierre de válvula ESD

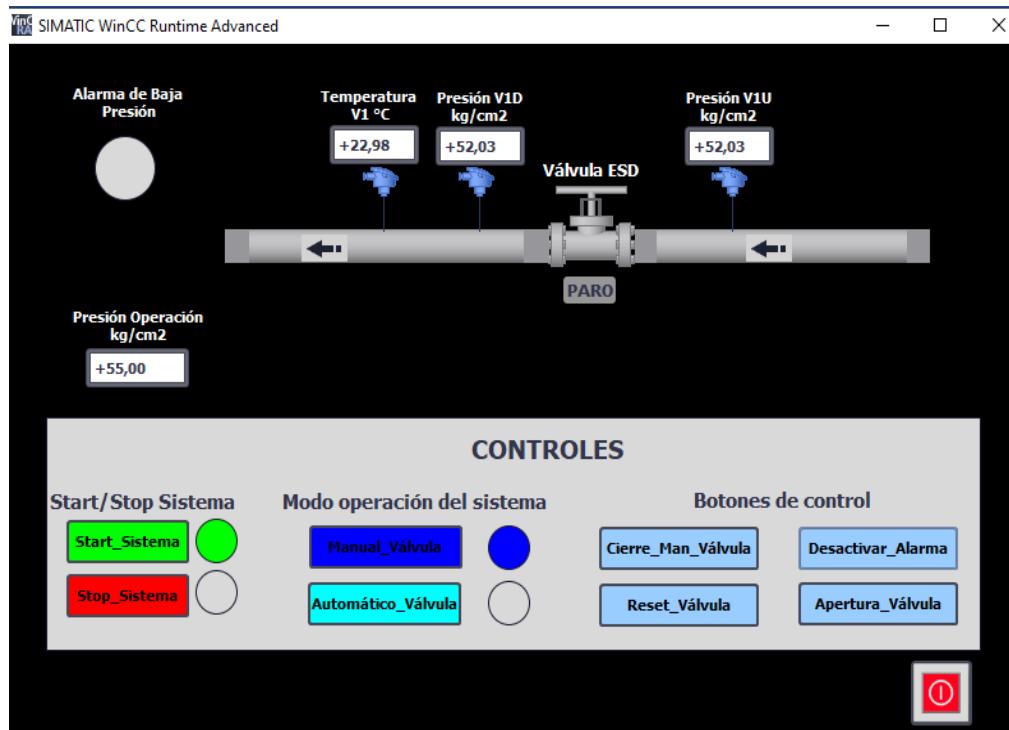


Fuente: (Elaboración propia)

Cuando la válvula este cerrada, el operador procederá a desactivar la alarma e iniciaran los trabajos de reparación en el oleoducto. El operador activara el reset de la válvula para desenergizar la bobina de cierre de la válvula. En la siguiente figura 3.21 se muestra la desactivación de la alarma y el reset de la válvula ESD.

Figura 3.21

Desactivación de alarma y reset de válvula ESD

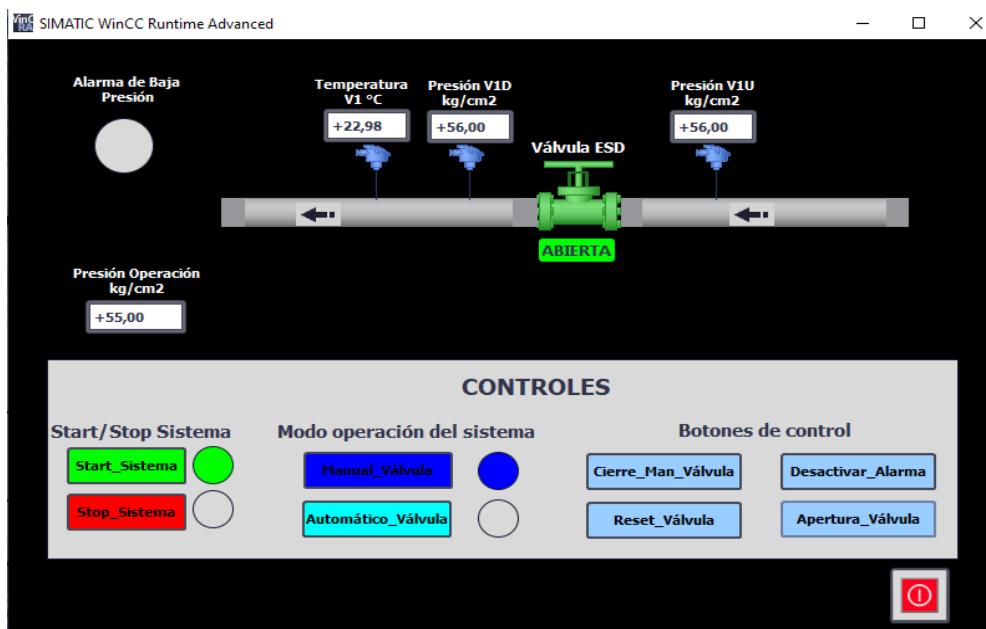


Fuente: (Elaboración propia)

Luego de culminar los trabajos de limpieza y reparación del oleoducto; el operador del oleoducto aprobará el inicio de las operaciones e indicará al operador del SCADA la apertura de la válvula ESD. La apertura de la válvula y el restablecimiento de la presión del oleoducto se muestra en el siguiente grafico 3.22:

Figura 3.22

Apertura de la válvula ESD y restablecimiento de presión



Fuente: (Elaboración propia)

Cuando la válvula este totalmente abierta el operador activará el reset de la válvula para desactivar la bobina de apertura de la válvula ESD.

3.15.2 Definición de usuarios

Usuario operador:

Usuario primario con las funciones de monitoreo y operación, los privilegios asignados a este usuario son:

- Interactúa con todas las pantallas del SCADA
- Visualiza todo tipo de instrumentos y válvulas

Usuario supervisor:

Usuario primario con las funciones de monitoreo y operación, los privilegios asignados a este usuario son:

- Interactúa con todas las pantallas del SCADA

- Visualiza todo tipo de instrumentos y válvulas
- Visualiza todo tipo de alarmas

Usuario administrador:

Usuario secundario con las funciones de desarrollo, los privilegios asignados a este usuario son:

- Desarrollar la programación del PLC y diseño de pantallas
- Creación de usuarios y sus privilegios
- Mantenimiento del sistema
- Acceso a todas las pantallas del SCADA
- Reconocimiento de todas las alarmas

Capítulo IV. Resultados, Contrastación de Hipótesis y Discusión de Resultados

El presente capítulo tiene como objetivo la presentación de los resultados obtenidos, luego de diseñar el sistema de bloqueo automático. Para ello se analizará cada uno de los indicadores mencionados en el capítulo dos, para posteriormente contrastar con la hipótesis planteada. En la parte final del presente capítulo se presenta la discusión de resultados, en base a las comparaciones con los antecedentes investigativos y el marco teórico.

4.1 Resultados

Para obtener los resultados del presente de investigación se necesita calcular la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

4.1.1 Nivel de disponibilidad

Para calcular la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se utilizará la siguiente ecuación 4.1:

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\text{Horas}_{trabajo} - \text{Horas}_{mantenimiento}}{\text{Horas}_{trabajo}} \times 100\%$$

Donde:

$\text{Horas}_{trabajo}$: Horas totales de trabajo

$\text{Horas}_{mantenimiento}$: Horas detenidas por mantenimiento

4.1.2 Análisis de la disponibilidad inicial del sistema de transporte de petróleo crudo

Se valida la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo en base al mantenimiento, fallas y contingencias en el oleoducto, así, se obtiene la disponibilidad total del sistema. Esta disponibilidad total del sistema es el porcentaje del tiempo que el sistema mantiene su funcionamiento completo. La información de los eventos de contingencia en el tramo II del Oleoducto Nor Peruano fue extraída del informe de transferencia de gestión de empresa del estado, elaborado por Petroperú.

En la tabla 4.1. se visualiza los tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte, sin el sistema de bloqueo automático, los mismos que serán utilizadas para el cálculo de la disponibilidad del oleoducto.

Tabla 4-1

Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte sin el sistema de bloqueo automático

Descripción	Duración	Frecuencia	Horas totales
Periodo	1 año	1 por año	8760 horas
Mantenimiento preventivo	96 horas	1 por año	96 horas
Tiempo de detección y ubicación de fugas por cuadrilla de patrullaje	48 horas	8 por año	384 horas
Operación de cierre de válvula	1 hora	8 por año	8 horas
Tiempo de traslado de cuadrilla de reparación	12 horas	8 por año	96 horas
Limpieza de oleoducto y zona afectada	48 horas	8 por año	384 horas
Reparación por falla	36 horas	8 por año	288 horas
Operación de apertura de válvula	1 hora	8 por año	8 horas

Fuente: (Elaboración propia)

A continuación, se calcula la disponibilidad del sistema de transporte sin el diseño de bloqueo automático:

$$Disponibilidad_1 = \frac{8760 - 96 - 384 - 8 - 96 - 384 - 288 - 8}{8760} \times 100\%$$

$$Disponibilidad_1 = 85.57\%$$

4.1.3 Análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático

Para el análisis de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático, utilizaremos el mismo número de contingencias anuales para luego realizar una comparación con la disponibilidad en condiciones iniciales. A diferencia del análisis previo al diseño al diseño del sistema de bloqueo automático, los tiempos de detección de las contingencias se reducen debido a que este parámetro de presión se monitorea en tiempo real desde la sala de control, permitiendo activar rápidamente el bloqueo de la válvula; como consecuencia de la rápida activación del bloqueo de la válvula se obtiene una reducción en el impacto ambiental, logrando una reducción en el tiempo de limpieza de la zona afectada.

En la tabla 4.2. se visualiza los tiempos a utilizar para el cálculo de la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático.

Tabla 4-2

Tiempos que afectan la disponibilidad del sistema de transporte con el sistema de bloqueo automático

Descripción	Duración	Frecuencia	Horas totales
Periodo	1 año	1 por año	8760 horas
Mantenimiento preventivo	96 horas	1 por año	96 horas
Tiempo de respuesta de activación del sistema de bloqueo (detección de baja de presión remota y aprobación del operador del oleoducto para el cierre de la válvula)	0.16 hora	8 por año	1.28 horas
Tiempo de traslado de cuadrilla de reparación y limpieza	12 horas	8 por año	96 horas
Limpieza de oleoducto y zona afectada	6 horas	8 por año	48 horas
Reparación por falla	36 horas	8 por año	288 horas
Operación de apertura de válvula	0.02 hora	8 por año	0.16 horas

Fuente: (Elaboración propia)

A continuación, se calcula la disponibilidad del sistema de transporte con el diseño de bloqueo automático:

$$Disponibilidad_2 = \frac{8760 - 96 - 1.28 - 96 - 48 - 288 - 0.16}{8760} \times 100\%$$

$$Disponibilidad_2 = 93.96\%$$

4.2 Análisis costo-beneficio

El análisis costo beneficio es una técnica de evaluación económica que se utiliza para determinar la rentabilidad de un proyecto. Para la aplicación de esta técnica se identificarán y cuantificarán los costos y beneficios del proyecto.

4.2.1 Cálculo del costo de instalación de una válvula de bloqueo

A continuación, describiremos las actividades necesarias para la instalación de una válvula de bloqueo en el tramo II del ONP.

Preliminares:

01.01.01 Movilización, desmovilización de equipos, material y personal: Esta partida incluye la movilización (ida/vuelta) para el transporte de los equipos y materiales requeridos para el proyecto, además del transporte del personal operativo y de supervisión, desde su origen hasta la obra.

01.01.02 Exámenes médicos y equipos de protección personal: Esta partida considera el costo de los exámenes médicos de ingreso y salida del personal, vacunas para trabajos en selva y el suministro del equipo de protección personal.

01.01.03 Hospedaje y alimentación para el personal: Esta partida consiste en el suministro de la alimentación (desayuno, almuerzo y cena) y hospedaje para el personal de la

empresa ejecutora del proyecto y del personal del cliente. Están incluidos los servicios de limpieza del hospedaje y lavado de ropa.

01.01.04 Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos): La empresa ejecutora es responsable de la instalación de oficinas, comedor y servicios higiénicos que cuenten con las condiciones mínimas de salubridad y con capacidad para todo el personal de la obra, también se encarga de la instalación de un almacén para el control y resguardo de los equipos, herramientas y repuestos requeridos para la ejecución del servicio.

Actividades:

01.02.01 Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo: Esta actividad consiste en la identificación de las coordenadas donde se instalará la válvula de bloqueo. Se realiza un relevamiento del lugar y se identifican accesos y las zonas donde se instalarán el campamento del personal, almacén de obra, oficinas y servicios higiénicos.

01.02.02 Estudio de suelos para cimentación y pilotaje: la presente partida contempla todas las actividades requeridas para obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo y sus propiedades de resistencia y deformación, así como la agresividad química de sus componentes.

01.02.03 Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos: Esta actividad considera el transporte de la válvula de bloqueo, actuador y sistema fotovoltaico, desde el almacén del cliente hasta la ubicación final de la válvula. El traslado es vía terrestre y considera los trabajos de carga y descarga de los equipos mencionados.

01.02.04 Excavación y tapado de 01 zanja: La presente actividad comprende la excavación y tapado de la zanja donde se instalará la válvula de bloqueo. Las dimensiones de la zanja deben considerar la longitud de la tubería donde se instalarán los equipos de hot tap, line

stop, fittings, transmisores de presión y cimentación de la válvula de bloqueo. La tierra proveniente de la excavación se colocará a una distancia prudente y segura. La zanja tiene las siguientes dimensiones: L: 12m; A:3.5m y H:4.4m.

01.02.05 Construcción de cimentación para válvula de bloqueo: Esta partida considera todas las obras de concreto necesarias para la correcta instalación de la válvula de bloqueo. El diseño se realizará en base al estudio de suelo realizado en fase previa, incluye las siguientes estructuras: Fundación tipo cajón para válvula de bloqueo, fundación de panel solar y fundación de poste para pararrayo.

01.02.06 Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo: Esta partida considera el suministro de equipos para hot tap y line stop, y la correcta operación de los mencionados equipos; el personal que realiza el trabajo tiene la calificación y cuenta con experiencia en trabajos similares. Utilizando el equipo de Hot Tap se perfora la tubería, en ambos lados donde se instalará la nueva válvula de bloqueo y con el equipo de line stop, ubicados en las perforaciones, se bloquea el flujo de crudo. El crudo drenado se almacena en recipientes tipo bulk drum y luego inyectados al ducto, al culminar los trabajos.

01.02.07 Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería): Esta actividad comprende las maniobras para la ejecución del corte y retiro del tramo de tubería de Ø36", la longitud de la tubería a retirar será de 5 metros, esta longitud se replanteará en campo, utilizando el equipo de ultrasonido para verificar la integridad de la zona de tubería a cortar.

01.02.08 Instalación de válvula de bloqueo 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación): la presente partida considera todas las actividades necesarias para la correcta instalación y montaje de la válvula de bloqueo. Los trabajos a ejecutar son los siguientes: maniobras de izaje de la válvula, alineación de válvula para posterior soldeo a la tubería, instalación del actuador y las conexiones eléctricas e instrumentación. Luego de la instalación de la válvula de bloqueo se realizará

las pruebas de funcionamiento (pruebas de cierre, apertura y cierre parcial), estas pruebas se registrarán en un formato de puesta en marcha.

01.02.09 Instalación de postes de soporte para los paneles solares: La presente partida considera la instalación de 01 poste metálico para el soporte del panel solar, la altura del poste es de 12 metros y cuenta con cables tensores. El poste metálico esta recubierto con tres capas de pintura.

01.02.10 Montaje de caseta de control, unidad de potencia hidráulica y pararrayos: Esta partida comprende la instalación de la caseta de control, gabinete de control, cableado electrico e hidráulico. La distancia estimada entre la caseta y la válvula de bloqueo será de 4 m, el conexionado hidráulico, desde la unidad de potencia hidráulica hasta el actuador de la válvula, se realizará con tubing de acero inoxidable de hasta Ø³/₄". La caseta de control tendrá las siguientes dimensiones: 5mx4.5mx3m (largo x ancho x Altura), la cimentación de la caseta estará soportada por columnas de 2 metros de altura, respecto del suelo, se deben incluir escaleras y barandas de seguridad. El pararrayos deberá contar con un dispositivo de cebado y será instalado en un poste auto soportado, el rango de protección abarcará el cerco perimétrico. Se instalará dos puestas a tierra independientes, la primera estará conectada a los equipos electrónicos y de instrumentación y la segunda recibirá la descarga del pararrayo, ambas puestas a tierra deben incluir varilla de cobre electrolítico y diámetro mínimo de Ø5/8" x 2.4 metros de longitud.

01.02.11 Instalación de sistema Fotovoltaico: debido a que el proyecto se encuentra en un sitio remoto (sin facilidades de energía eléctrica de la red) se requiere la instalación de un sistema fotovoltaico que suministre de energía eléctrica a todo el sistema de bloqueo automático para su funcionamiento, energía que se obtendrá mediante un banco de baterías que se cargan mediante paneles solares.

01.02.12 Suministro de sistema Fotovoltaico: Esta partida considera el suministro del sistema fotovoltaico para suministrar una potencia de 177 W-h con una autonomía de 5 días y cuenta con los siguientes equipos: paneles solares, cargador de baterías, banco de baterías, controlador de carga y fuente de poder.

01.02.13 Instalación de cerco perimétrico: Esta partida considera la instalación de un cerco perimétrico para proteger, contra actos vandálicos, todos los sistemas instalados en el presente proyecto. El cerco perimétrico está construido con malla electro soldada hecha con alambre galvanizado de 4mm y conformada en cocada de 2"x2", las dimensiones requeridas son de: 15m x 12m x 3m (largo x ancho x altura). En la siguiente figura 6.17, se muestra la vista panorámica de la instalación de una válvula de bloqueo.

Figura 4.1

Vista general de la instalación de una válvula de bloqueo



Fuente: Petroperú

Los costos para la instalación de una válvula de bloqueo se muestran en la siguiente tabla

4.3.

Tabla 4-3

Costo para la instalación de una válvula de bloqueo

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio U\$	Parcial U\$
01	INSTALACIÓN DE UNA VÁLVULA DE BLOQUEO EN EL TRAMO II DEL ONP				1,459,800.13
01.01	PRELIMINARES				170,726.80
01.01.01	Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.	glb	1.00	71,865.70	71,865.70
01.01.02	EMO y Equipos de protección personal	glb	1.00	24,226.91	24,226.91
01.01.03	Hospedaje y Alimentación para el Personal	glb	1.00	65,658.00	65,658.00
01.01.04	Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)	glb	1.00	8,976.19	8,976.19
01.02	ACTIVIDADES				1,181,333.55
01.02.01	Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo	glb	1.00	2,423.85	2,423.85
01.02.02	Estudio de suelos para cimentación y pilotaje	glb	1.00	22,410.34	22,410.34
01.02.03	Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos	glb	1.00	65,348.42	65,348.42
01.02.04	Excavación/ tapado de 01 zanja	glb	1.00	92,545.08	92,545.08
01.02.05	Construcción de cimentación para válvula de bloqueo	und	1.00	16,182.63	16,182.63
01.02.06	Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo	und	2.00	267,191.23	534,382.46
01.02.07	Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería)	und	1.00	35,256.58	35,256.58
01.02.08	Instalación de válvula de bloqueo 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación)	und	1.00	308,014.49	308,014.49
01.02.09	Instalación de postes de soporte para los paneles solares	und	1.00	5,605.80	5,605.80
01.02.10	Montaje de caseta de control, unidad de potencia hidráulica y pararrayos	und	1.00	65,812.43	65,812.43
01.02.11	Instalación de sistema Fotovoltaico	und	1.00	7,394.61	7,394.61
01.02.12	Suministro de sistema Fotovoltaico	und	1.00	10,975.76	10,975.76
01.02.13	Instalación de cerco perimétrico	und	1.00	14,981.10	14,981.10

01.03	SOPORTE				107,739.78
01.03.01	Ingeniero Residente	mes	5.00	4,931.51	24,657.55
01.03.02	Ingeniero de oficina técnica	mes	5.00	3,287.67	16,438.35
01.03.03	Ingeniero Seguridad	mes	5.00	3,835.62	19,178.10
01.03.04	Administrador de obra	mes	5.00	1,095.89	5,479.45
01.03.05	Relacionista comunitario	mes	5.00	1,232.88	6,164.40
01.03.06	Inspector de soldadura	mes	2.50	4,109.59	10,273.98
01.03.07	Prevencionista	mes	2.50	1,041.10	2,602.75
01.03.08	Almacenero	mes	2.50	958.90	2,397.25
01.03.09	Técnico Certificado en equipo hot tap y line stop	mes	2.50	8,219.18	20,547.95

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.2 Cálculo del costo de remediación de suelos

Ante eventos de contingencia en el tramo II del ONP, Petroperú ejecuta el plan de contingencia para atender estos incidentes, mitigar sus efectos y restaurar el ambiente a sus condiciones habituales.

El plan de contingencia considera la contención y confinamiento del derrame, luego se ejecutan trabajos de recuperación de crudo, limpieza, remediación ambiental y disposición final de residuos.

El cálculo del costo de la remediación está basado en parámetros listados en la siguiente tabla 4.4.

Tabla 4-4

Parámetros del área a remediar

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
1	Bariles de hidrocarburo derramado	Barril	25
2	Área a remediar 30m x 30m	m ²	900
3	Altura de corte de área a remediar	m	0.5
4	Volumen de suelo a remediar (esponjamiento 1.3)	m ³	585

Fuente: (Elaboración propia)

La primera actividad a ejecutar es la contención del derrame de hidrocarburo, utilizando barreras de contención de PVC y cordones salchichones absorbentes, las cuales serán colocadas en el perímetro del área afectada, de esta manera se evita el aumento del área contaminada por el petróleo. Para la recuperación del hidrocarburo se utiliza una bomba para hidrocarburos, la bomba está conectada a unos tanques de almacenamiento; también se utiliza el oclansorb, que es un absorbente de hidrocarburos y tiene una capacidad de absorción de 0.57 barriles de hidrocarburo por saco de 44 litros.

Luego de la contención y recuperación de hidrocarburo, inician los trabajos de caracterización ambiental, para ubicar el área afectada mediante topografía, se realiza el inventario de flora y fauna afectados y mediante, análisis de suelos, se determina la concentración y tipo de hidrocarburo contaminante.

Con los resultados de la caracterización ambiental, se procede a la selección de la técnica de remediación aplicable. Petroperú utiliza principalmente la técnica de biorremediación utilizando celdas de tratamiento cercana al área intervenida. Posterior al hidrolavado, el suelo se moviliza a la celda de tratamiento, la cual debe ser impermeabilizada con geomembrana de alta resistencia; el material será homogenizado, añadiendo tierra de chacra, utilizando una excavadora. El material a remediar se humedecerá utilizando hidrolavadoras de manera que se obtenga un grado de humedad entre 20% y 30%. La celda de tratamiento cuenta con sistema de aireación, mediante tuberías ranuradas de pvc de Ø1" y 2" conectadas a un compresor para cumplir con la oxigenación del material y estimular la actividad microbiana. simultáneamente, se controla la humedad relativa y el pH del suelo en tratamiento.

Semanalmente se realizan muestreos, para conocer las concentraciones de TPH y verificar el rendimiento de los trabajos de remediación.

Al disminuir las concentraciones de TPH, a niveles permitidos, se da por concluidos los trabajos en la celda de tratamiento y se procede a trasladar el material remediado hacia la zona del área afectada para su relleno.

El cálculo del costo de la remediación de suelo para un área de 30m por 30m se muestra en la siguiente tabla 4.5.

Tabla 4-5

Costo de la remediación de suelo contaminado por hidrocarburo (área 30m x 30m)

Item	Descripción	Und	Metrado	Precio U\$	Parcial U\$
01	REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS (ÁREA: 30mX30m)				245,518.46
01.01	PRELIMINARES				86,828.72
01.01.01	Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.	glb	1.00	27,678.34	27,678.34
01.01.02	EMO y equipos de protección personal	glb	1.00	16,432.68	16,432.68
01.01.03	Hospedaje y alimentación para el personal	glb	1.00	28,720.08	28,720.08
01.01.04	Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)	glb	1.00	11,930.90	11,930.90
01.01.05	Habilitación de acceso	km	0.50	4,133.44	2,066.72
01.02	CONTENCION Y RECUPERACION DE HIDROCARBUROS				17,600.32
01.02.01	Contención y recuperación de hidrocarburo	glb	1.00	17,600.32	17,600.32
01.03	CARACTERIZACIÓN E INVENTARIO FORESTAL				9,417.76
01.03.01	Caracterización e inventario forestal	glb	1.00	9,417.76	9,417.76

01.04	REMEDIACIÓN DE SUELOS				104,394.6	
						6
01.04.01	Recolección y remoción de material afectado	glb	1.00	8,656.64	8,656.64	
01.04.02	Hidrolavado de suelos en diques de contención	glb	1.00	42,242.08	42,242.08	
01.04.03	Tratamiento de suelos en bioceldas	glb	1.00	49,076.48	49,076.48	
01.04.04	Relleno de zona afectada con material remediado	glb	1.00	4,419.46	4,419.46	
01.05	SOPORTE				27,277.00	
01.05.01	Ingeniero Ambiental	mes	3.00	2,739.00	8,217.00	
01.05.02	Ingeniero Forestal	mes	2.00	2,465.00	4,930.00	
01.05.03	Ingeniero Seguridad	mes	2.00	2,465.00	4,930.00	
01.05.04	Administrador de obra	mes	2.00	1,200.00	2,400.00	
01.05.05	Relacionista comunitario	mes	2.00	1,400.00	2,800.00	
01.05.06	Prevencionista	mes	2.00	1,041.10	2,082.20	
01.05.07	Almacenero	mes	2.00	958.90	1,917.80	

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.3 Análisis costo-beneficio

Para desarrollar el análisis de costo beneficio se necesita la siguiente información:

- Costo de inversión.
- Tasa de descuento.
- Periodo de análisis.
- Ingresos y egresos

Del apartado 4.2.1, se obtiene que el costo del proyecto de instalación de una válvula de bloqueo es de US\$ 1,459,800.13 dólares estadounidenses, aplicando una tasa de cambio de 3.65, obtenemos S/. 5,328,270.47 soles de inversión.

La tasa de descuento anual considerada es del 10% anual y con periodo de análisis de cinco años.

En la siguiente tabla 4.6, se muestra los egresos en el periodo de cinco años:

Tabla 4-6

Beneficios del proyecto

EGRESOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
TELECOMUNICACIONES	S/ 424,375.20				
OPERACIÓN SCADA	S/ 105,000.00				
COSTO NETO	S/ 529,375.20				

Fuente: (Elaboración propia)

En la siguiente tabla 4.7, se muestra los beneficios en el periodo de cinco años:

Tabla 4-7

Beneficios del proyecto

BENEFICIOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Nº CONTINGENCIAS ANUAL	3	3	3	3	3
COSTO DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL (30MX30M)	S/ 896,142.38				
AHORRO DE COSTOS POR REMEDIACIÓN AMBIENTAL	S/ 2,688,427.14				

Fuente: (Elaboración propia)

Con los datos precedentes, se calculan los indicadores: VAN, B/C y TIR, valores que se muestran en la siguiente tabla 4.8.

Tabla 4-8

Cálculo de indicadores

INVERSIÓN	S/ 5,328,270.47
TASA DESCUENTO	10%

AÑO	INGRESO	EGRESO	FLUJO EFECTIVO
0			-S/ 5,328,270.47

1	S/ 2,688,427.14	S/ 529,375.20	S/ 2,159,051.94
2	S/ 2,688,427.14	S/ 529,375.20	S/ 2,159,051.94
3	S/ 2,688,427.14	S/ 529,375.20	S/ 2,159,051.94
4	S/ 2,688,427.14	S/ 529,375.20	S/ 2,159,051.94
5	S/ 2,688,427.14	S/ 529,375.20	S/ 2,159,051.94

VAN INGRESOS	S/ 10,191,254.02
VAN EGRESOS	S/ 2,006,748.50
COSTOS+INVERSIÓN	S/ 7,335,018.98
VAN	S/ 2,856,235.04
B/C	1.39
TIR	29%

VAN > 0; PROYECTO ACEPTABLE
 B/C > 1; PROYECTO ACEPTABLE
 TIR > TD; PROYECTO ACEPTABLE

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.4 Análisis de sensibilidad

En el presente apartado, se realiza el análisis de sensibilidad del proyecto. Esta herramienta de gestión permite analizar la respuesta del proyecto ante modificaciones en una variable determinada, de la cual depende directa o indirectamente el proyecto.

Se calculan los valores tolerables de N° CONTINGENCIAS ANUAL, COSTO DE REMEDIACIÓN Y COSTO DE OPERACIÓN, en base a un VAN igual a cero, es decir, que el proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas. Los resultados del análisis de sensibilidad se muestran en la siguiente tabla 4.9.

Tabla 4-9

Análisis de sensibilidad

SENSIBILIDAD	PROYECTADO	TOLERANTE	DIFERENCIA
N° CONTINGENCIAS ANUAL	3	2 (*)	1
COSTO DE REMEDIACIÓN	S/ 896,142.38	S/ 644,986.51	S/ 251,155.87
COSTO DE OPERACIÓN	S/ 529,375.20	S/ 1,282,842.81	-S/ 753,467.61

(*) El valor calculado de N° CONTINGENCIAS ANUAL para VAN=0, es 2.159.

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.5 Análisis bidimensional

En el presente apartado, se realiza el análisis bidimensional del proyecto. Esta herramienta de gestión permite analizar la respuesta de nuestro proyecto ante modificaciones en más de una variable determinada de la cual depende directa o indirectamente el proyecto.

En la siguiente tabla 4.10, se muestran los valores del VAN del proyecto ante modificaciones de las variables N° CONTINGENCIAS ANUAL y COSTO REMEDIACIÓN.

Tabla 4-10

Análisis bidimensional del proyecto

	VAN PROYECTO	N° CONTINGENCIAS ANUAL		
		3	2 (*)	1
COSTO DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL (30MX30M)	S/ 2,856,235.04	S/ 2,856,235.04	-S/ 0.00	-S/ 3,937,934.30
	S/ 896,142.38	S/ 1,428,117.52	-S/ 1,027,868.52	-S/ 4,413,973.48
	S/ 770,564.44	-S/ 0.00	-S/ 2,055,737.03	-S/ 4,890,012.65

(*) Para el cálculo del VAN se utilizó N° CONTINGENCIAS ANUAL= 2.159.

Fuente: (Elaboración propia)

4.2.6 Cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo a instalar

(Petroperú, 2024) informa que, durante el periodo de diciembre 2022 a febrero del 2024, se tiene registrado 10 contingencias ambientales a lo largo del tramo II del ONP. Utilizando esta información realizaremos el cálculo de la cantidad de válvulas de bloqueo que se instalarán en el tramo II del ONP.

- N° Contingencias Anuales = $10 \times 12 \text{ meses} / 15 \text{ meses} = 8$ contingencias

- N° Contingencias por Válvula = 2 contingencias (Del análisis de sensibilidad)

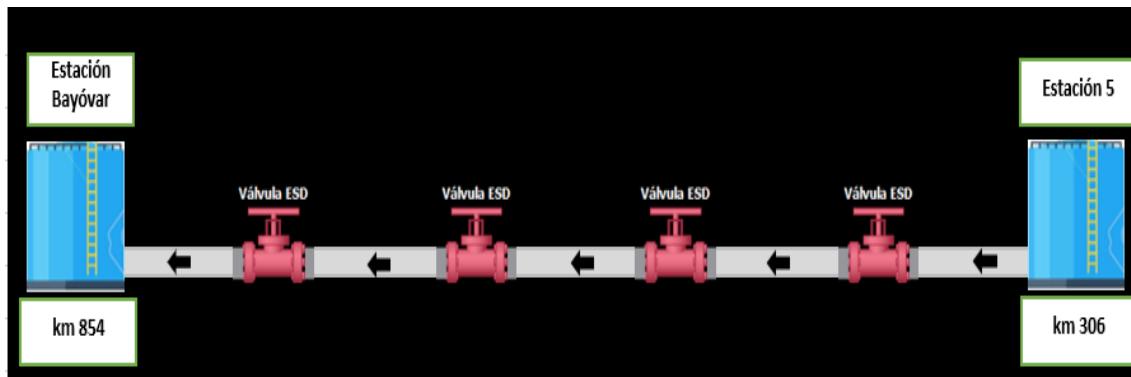
- N° Válvulas = N° Contingencias Anuales / N° Contingencias por Válvula = 4

Válvulas

- Distancia entre Válvulas = $(854 \text{ km} - 306 \text{ km}) / 5 = 170.8 \text{ km}$, en la siguiente figura 4.2 se muestra la distribución de las válvulas de bloqueo.

Figura 4.2

Ubicación de válvulas de bloqueo



Fuente: (Elaboración propia)

4.3 Contrastación de hipótesis general

Hi: Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Ho: Un adecuado sistema de bloqueo automático no mejorará la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Durante el análisis de la disponibilidad del tramo II del Oleoducto Nor Peruano, se compararon los valores de disponibilidad antes y después del diseño del sistema de bloqueo automático. Previo al diseño del sistema de bloqueo automático, las contingencias se detectaban mediante patrullajes realizados en el derecho de vía y el bloqueo del oleoducto se realizaba manualmente. De esta manera, la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo es de 85.57%.

Tras el diseño del sistema de bloqueo automático, los parámetros de operación del oleoducto son monitoreados en tiempo real y la válvula de bloqueo es controlada desde la sala de control. De esta manera, la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo es de 93.96%.

Decisión, dado que el diseño del sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se verifica que la hipótesis H_1 es positiva y se descarta la hipótesis nula H_0 .

4.4 Contrastación de hipótesis específicas

H_1 : Un adecuado sistema de bloqueo automático mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.

H_2 : Un adecuado sistema de bloqueo automático no mejorará el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo.

Ante eventos de contingencia se necesita reducir el tiempo de respuesta para bloquear el sistema de transporte de petróleo crudo, para ello se requiere un adecuado diseño de sistema de bloqueo automático que permita monitorear en tiempo real los parámetros de operación del oleoducto y controlar de manera remota el cierre y la apertura de la válvula de bloqueo. En el presente trabajo se observa una mejora en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo con el diseño de bloqueo automático. Por lo tanto, se verifica que la hipótesis H_1 es positiva y se descarta la hipótesis H_2 .

H_3 : La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

H_4 : La instalación de un adecuado sistema de bloqueo automático no será rentable para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Luego del análisis de costo beneficio del proyecto, donde se cuantifico el costo de la implementación y operación del sistema de bloqueo automático y el costo de las remediaciones mitigadas, se obtuvo los siguientes valores para los indicadores VAN de S/ 2,856,235.04 y TIR de 29%, con estos valores se comprueba que el proyecto es rentable. Por lo tanto, se verifica que la hipótesis H3 es positiva y se descarta la hipótesis H4.

4.5 Discusión de resultados

Con el objetivo general de diseñar un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación indican que un diseño de sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo. Según Mesa (2006) para obtener una mejora de la disponibilidad del equipo o sistema se deben reducir los tiempos de mantenimientos, esta reducción de tiempos se logra con la automatización industrial. Aguilar (2013) afirma que la automatización industrial mejora la disponibilidad y la productividad de los equipos de una empresa, debido a que simplifica los trabajos de mantenimiento y operación del sistema. Estos resultados tienen afinidad con el trabajo de Fataliyev (2018), quien concluyo que la automatización y monitoreo en tiempo real de los procesos, incrementa la productividad, reduce el tiempo de paradas y optimiza los tiempos de procesos para los mantenimientos, logrando de esta manera una alta disponibilidad del oleoducto. Este resultado concuerda con lo que se halló y se confirma que el diseño de un sistema de bloqueo automático mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Con el objetivo específico de evaluar el impacto del diseño de un sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo, los resultados obtenidos muestran una reducción significativa del tiempo de respuesta, debido al monitoreo en tiempo real, en comparación con el tiempo de respuesta sin el diseño de bloqueo automático. Aguilar (2013) indica que la automatización

industrial integra los sistemas de captación, adquisición, control y supervisión de todos los elementos y procesos que se llevan a cabo, y con ello, se reduce los tiempos de respuesta debido al monitoreo y control en tiempo real. De forma similar, López (2022) concluyó que el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras, como la automatización, agiliza la detección de fallas y de esta manera se reduce el tiempo de respuesta ante emergencias. Este resultado coincide con lo que se encontró en esta investigación, dado que el diseño de un sistema de bloqueo automático agiliza el tiempo de respuesta de bloqueo ante emergencias.

Con el objetivo específico de evaluar la rentabilidad de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, se realizó el análisis de costo-beneficio para la instalación del sistema de bloqueo automático y se obtuvo valores de VAN y TIR que confirman que la instalación del sistema de bloqueo automático es rentable en comparación con los costos ocasionados por derrames en el oleoducto. En base a ello se estudió la teoría del análisis costo-beneficio, según Lara (2017) señaló que la aplicación de esta metodología permite evaluar la rentabilidad de los proyectos. Los resultados de la presente investigación concuerdan con lo obtenido por Camacho (2022), quien indica que la instalación de sistemas de monitoreo y control a distancia agilizan el tiempo de respuesta ante derrames mitigando los impactos negativos en la salud y contaminación ambiental, minimizando de esta manera los costos asociados a la recuperación de la salud y remediación ambiental.

Conclusiones

Se diseñó un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo siguiendo las recomendaciones del DS-081-2007-EM. El uso de transmisores de presión y válvulas de bloqueo automáticas, monitoreadas y controladas por un sistema scada, mitigan los impactos negativos ocasionados por los derrames, reduciendo los tiempos de parada para los mantenimientos correctivos y de esta manera se mejora la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo.

Se evaluó el impacto del diseño del sistema de bloqueo automático en el tiempo de respuesta para el bloqueo del sistema de transporte de petróleo crudo. El tiempo de respuesta para el bloqueo, ante contingencias, se reduce significativamente debido al monitoreo continuo de los parámetros de operación del proceso y al control remoto de las válvulas de bloqueo.

Se evaluó el costo beneficio de la instalación de un sistema de bloqueo automático para mejorar la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo, obteniendo que la instalación del sistema de bloqueo automático es rentable para la mejora de la disponibilidad del sistema de transporte de petróleo crudo y la mitigación de las contingencias ambientales.

Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones realizar un estudio para el diseño e instalación de un sistema de detección y ubicación de fugas en oleoductos, el cual debería contemplar un análisis costo beneficio.

A las empresas operadoras de oleoductos, desarrollar un área de mantenimiento que cuente con personal capacitado y un sistema de control de inventarios, de manera que el almacén se encuentre abastecido de materiales, consumibles, herramientas y equipos ante eventos de derrames.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, J., Rios, A., Hidrobo, F., & Mariela, C. (2013). *Sistemas MultiAgentes y sus Aplicaciones en Automatización Industrial*. Venezuela: Universidad de los Andes.
- Alfonso, O. (2022). *Estado de integridad mediante inspección visual (externa) del sistema recibo/despacho de una planta de bombeo de crudo*. Tesis de Grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia.
- Angulo, L. (2016). *Proyectos Formulación y Evaluación*. Perú: Macro EIRL.
- Aparcana, H. (2019). *Estado situacional del ONP y perspectivas para su operación en próximos 20 años*. Perú.
- Berrios, K. (2022). *Biorremediación de suelos contaminados con gasolina de 95 octanos utilizando estiércol*. Perú.
- Camacho, K. (2020). *Impactos ambientales negativos por derrame de petróleo crudo de junio 2014 en el km 41+833 del oleoducto norperuano en la comunidad nativa Cuninico*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Federico Villareal, Perú.
- Fataliyev, T., & Mehdiyev, S. (2018). Analysis and new approaches to the solution of problems of operation of oil and gas complex as Cyber-Physical System. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 10(11), 67-76.
- Flores, M., Torras, S., & Téllez, R. (2004). Medidas de mitigación para uso de suelos contaminados por derrames de hidrocarburos en Infraestructura de transporte terrestre. *Instituto Mexicano del Transporte*.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Gu, X., & Wang, C. (2018). Oil pipeline leak detection based on image recognition. *2018 Octava Conferencia Internacional sobre Instrumentación y Medición, Computación, Comunicación y Control (IMCCC)*, (págs. págs. 464-467). China. doi:10.1109/IMCCC.2018.00103
- Lara, I., & Franco, O. (2017). Análisis del Costo – Beneficio una Herramienta de Gestión. *Revista Contribuciones a la Economía*. Obtenido de <http://eumed.net/ce/2017/2/costo-beneficio.html>
- Li, G. e. (2018). Pipe Line Safety Monitoring using Distributed Optical Fiber Vibration Sensor in the China West-East Gas Pipeline Project. *Asia Communications and Photonics Conference (ACP)* , artículo Su2A.70.
- López, N. (2022). *Revisión sistemática de metodologías de mantenimiento de oleoductos basadas en industria 4.0*. Tesis de Maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- Mesa, D., Ortiz, Y., & Manuel, P. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, p.155-160. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
- ONP, P. (2023). *Petroperú Oleoducto Nor Peruano*. Obtenido de <https://oleoducto.petroperu.com.pe/plan-contingencia/remediacion-ambiental/>
- Ortiz, Y. (2019). *Metodología numérica para garantizar integridad de ductos tendidos en zanjas de contención durante labores de izaje*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Osinergmin. (2021). *Expediente 202100184224*. Perú.
- Petroperú. (2020). *Memoria anual 2020*. Perú.
- Petroperú. (2024). *INFORME TRANSFERENCIA DE GESTIÓN DE EMPRESA DEL ESTADO*. Perú. Obtenido de https://www.petroperu.com.pe/Docs/spa/files/quienes_somos/transferencia-marzo-2024-informe.pdf
- Riba Romeva, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona: Editorial UPC. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=IeaPng4UWdgC&pg=PA199&dq=disponibilidad+de+maquinas&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjizMrqlLrpAhVEA9QKHaQWBS8Q6AEILjAB#v=onepage&q=disponibilidad%20de%20maquinas&f=false>
- Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Rosero, P. (2012). *Desarrollo de un algoritmo y programa en matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinámico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano*. Ecuador.
- Salas, F. (2022). *Desarrollo de un sistema de detección y localización de fugas basado en filtro de Kalman extendido para sistemas de transporte de petróleo crudo aplicado al tramo I del oleoducto norperuano*. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- Sánchez, M., & Vargas, J. (2018). *Diseño de un sistema de radioenlaces redundantes y de alta disponibilidad para transmitir información de los sistemas de detección de fugas de oleoductos, SCADA y videovigilancia de las estaciones de la refinería Talara en el Departamento de Piura*. Tesis de grado, Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo, Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2017>
- Smith, G. (2018). *Diseño de un sistema de detección de fugas de combustible diésel B5 para una línea submarina de 18 pulg. de diámetro del nuevo terminal Ilo de petróleos del Perú - Petroperú S.A.* Tesis de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Torres, J. (2021). *Simulación de corrosión en oleoductos como alternativa de método de monitoreo*. Escuela Politecnica Nacional, Ecuador.

Valladares, P. (2020). *Diseño del scada para el oleoducto de sub estación Pariñas a set de válvulas ubicada en el Lote IV concesionada por Graña y Montero Petrolera*. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura, Perú.

Anexos

Anexo 1:	Datos generales del oleoducto tramo II del ONP	1
Anexo 2:	Historial de derrames en el Tramo II del ONP	2
Anexo 3:	Parámetros de operación del oleoducto tramo II del ONP	4
Anexo 4:	Cronograma de la instalación de una válvula de bloqueo.....	5
Anexo 5:	Histograma del personal para la instalación de una válvula de bloqueo.....	6
Anexo 6:	Cronograma para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos	7
Anexo 7:	Histograma del personal para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30 m por 30 m.....	8
Anexo 8:	Precios unitarios para la instalación de una válvula de bloqueo	9
Anexo 9:	Precios unitarios para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30m por 30m.....	21

Anexo 1:

Datos generales del oleoducto tramo II del ONP

DATOS GENERALES DEL OLEODUCTO	
Longitud del Oleoducto (km)	548
Diámetro del oleoducto (in)	36
Material del oleoducto	API X52
Espesor mínimo (in)	0.312
Espesor máximo (in)	0.875
Producto transportado	Petróleo crudo
Grado API	24.85°
Gravedad específica	0.895
Viscosidad (cSt@18°C)	38.0

Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 2:

Historial de derrames en el Tramo II del ONP

Nº	AÑO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	FECHA	CAUSA	VOLUMEN DERRAMADO
1	1997	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 441+500 - Tramo II	17-jun.-97	Causas naturales	-
2	1998	PIURA	SECHURA	Km. 784+500 - Tramo II	12-ene.-98	Corrosión	-
3	1999	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 483+100 - Tramo II	13-may.-99	Causas naturales	-
4	1999	CAJAMARCA	JAEN	Km. 620+932 - Tramo II	19-jul.-99	Corrosión	-
5	2000	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 483+130 - Tramo II	1-ene.-00	Causas naturales	-
6	2000	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km. 692+880 - Tramo II	18-feb.-00	Causas naturales	-
7	2003	CAJAMARCA	JAEN	Km. 577+600 - Tramo II	3-jul.-03	Causas naturales	-
8	2006	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 472+100 - Tramo II	8-may.-06	Causas naturales	-
9	2008	LORETO	DATEM DE MARAÑON	Km. 323+750 - Tramo II	11-mar.-08	Causas naturales	-
10	2009	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 496+600 - Tramo II	11-jun.-09	Causas naturales	-
11	2011	CAJAMARCA	JAEN	Km. 544+410 - Tramo II	11-mar.-11	Causas naturales	22 barriles
12	2011	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 513+500 - Tramo II	3-abr.-11	Atentado acción de terceros	60 barriles
13	2011	PIURA	SECHURA	Km. 810+800 - Tramo II	6-nov.-11	Atentado acción de terceros	500 barriles
14	2012	PIURA	SECHURA	Km. 791+600 - Tramo II	14-abr.-12	Atentado acción de terceros	264.9 barriles
15	2012	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km. 397+300 - Tramo II	4-sep.-12	Causas naturales	260 barriles
16	2013	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+053 - Tramo II	21-sep.-13	Causas naturales	10 barriles
17	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 547+475 - Tramo II	25-may.-14	Causas naturales	88.1 barriles
18	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 609+031 - Tramo II	18-sep.-14	Corrosión	20 barriles aprox.
19	2014	CAJAMARCA	JAEN	Km. 622+500 - Tramo II	18-nov.-14	Atentado acción de terceros	258 barriles
20	2014	PIURA	SECHURA	Km. 835+200 - Tramo II	10-dic.-14	Atentado acción de terceros	-
21	2014	PIURA	SECHURA	Km. 814+271 - Tramo II	27-dic.-14	Atentado acción de terceros	-
22	2015	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+086 - Tramo II	19-feb.-15	Causas naturales	-
23	2015	AMAZONAS	BAGUA	Km. 504+193 - Tramo II	09-mar.-15	Corrosión	0.01 barriles
24	2015	PIURA	SECHURA	Km. 796+869 - Tramo II	21-sep.-15	Atentado acción de terceros	122 barriles
25	2015	CAJAMARCA	JAEN	Km. 569+713 - Tramo II	2-nov.-15	Corrosión	54 barriles
26	2015	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 516+408 - Tramo II	6-nov.-15	Causas naturales	16 barriles

Nº	AÑO	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	FECHA	CAUSA	VOLUMEN DERRAMADO
27	2016	AMAZONAS	UCTUBAMBA	Km. 440+781 - Tramo II	25-ene.-16	Causas naturales	-
28	2016	CAJAMARCA	JAEN	Km. 661+980 - Tramo II	17-feb.-16	Error operativo Fallas de accesorios Defectos de reparación	-
29	2016	PIURA	SECHURA	Km. 810+692 - Tramo II	7-mar.-16	Atentado acción de terceros	-
30	2016	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km. 364+990 - Tramo II	10-ago.-16	Atentado acción de terceros	-
31	2017	CAJAMARCA	JAEN	Km. 569+825 - Tramo II	23-may.-17	Corrosión	3 barriles
32	2017	PIURA	SECHURA	Km. 810+978 - Tramo II	18-jun.-17	Atentado acción de terceros	-
33	2019	LORETO	DATEM DE MARAÑON	Km. 323+185 - Tramo II	1-ene.-19	En investigación	-
34	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.550+058.4 - Tramo II	29-ene.-19	En investigación	-
35	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.612+641 - Tramo II	17-ene.-19	En investigación	-
36	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.611+955 - Tramo II	27-mar.-19	En investigación	-
37	2019	CAJAMARCA	JAEN	Km.604+360 - Tramo II	18-abr.-19	En investigación	0.25 barriles
38	2019	AMAZONAS	CONDORCANQUI	Km.371+734 - Tramo II	9-jul.-19	Atentado acción de terceros	-
39	2019	AMAZONAS	BAGUA	Km.400+710 - Tramo II	11-ago.-19	Atentado acción de terceros	-
40	2019	AMAZONAS	JAEN	Km.548+784 - Tramo II	21-dic.-19	En investigación	-
41	2020	CAJAMARCA	JAEN	Km.609+223 - Tramo II	16-may.-20	En investigación	-
42	2020	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km.713+163.5 - Tramo II	8-sep.-20	En investigación	-
43	2020	CAJAMARCA	JAEN	Km.567+936 - Tramo II	16-nov.-20	En investigación	-
44	2020	LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	Km.718+027 - Tramo II	30-ene.-21	En investigación	0.9 barriles

Fuente: Osinergmin. (2021). "Expediente 202100184224"

Anexo 3:

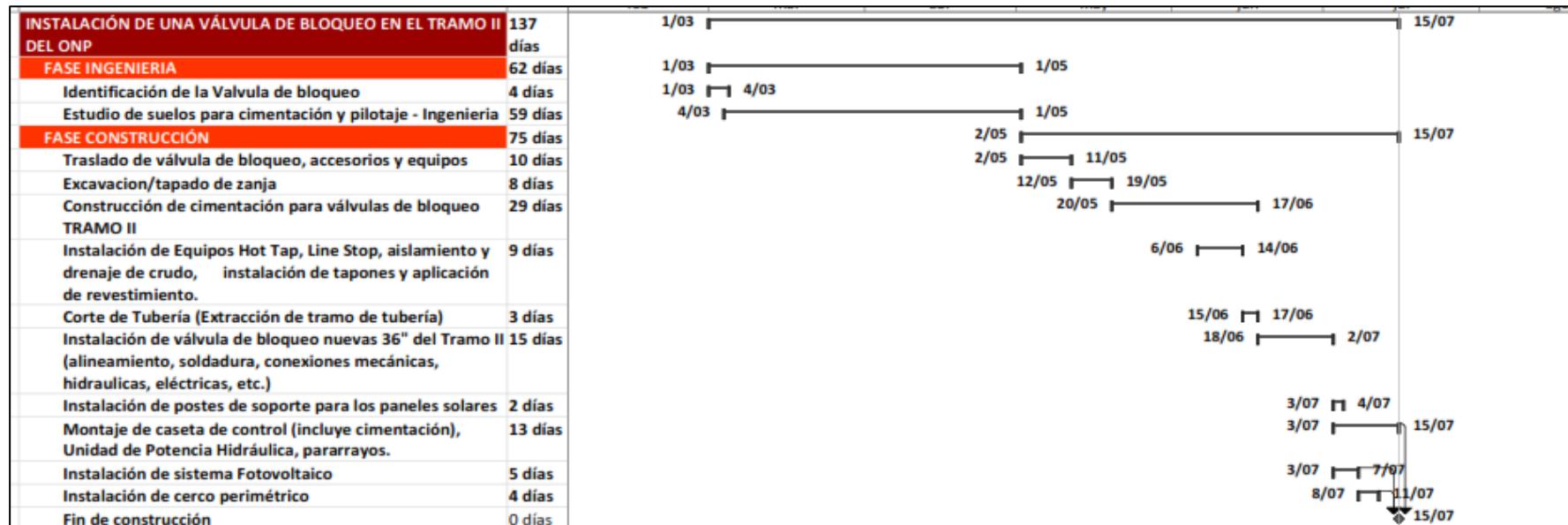
Parámetros de operación del oleoducto tramo II del ONP

Progresiva	Presión de operación	Temperatura de operación	Presión de diseño	Clase de brida (ANSI)	Cedula tubería
318+19	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	14.3
406+77	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	7.9
466+77	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
559+00	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
565+30	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	600#	9.5
605+80	61 kg/cm2	40 °C	73.2 kg/cm2	900#	8.7

Fuente: Petroperú. (2019). "Condiciones técnicas integradas JTEO-015-2019"

Anexo 4:

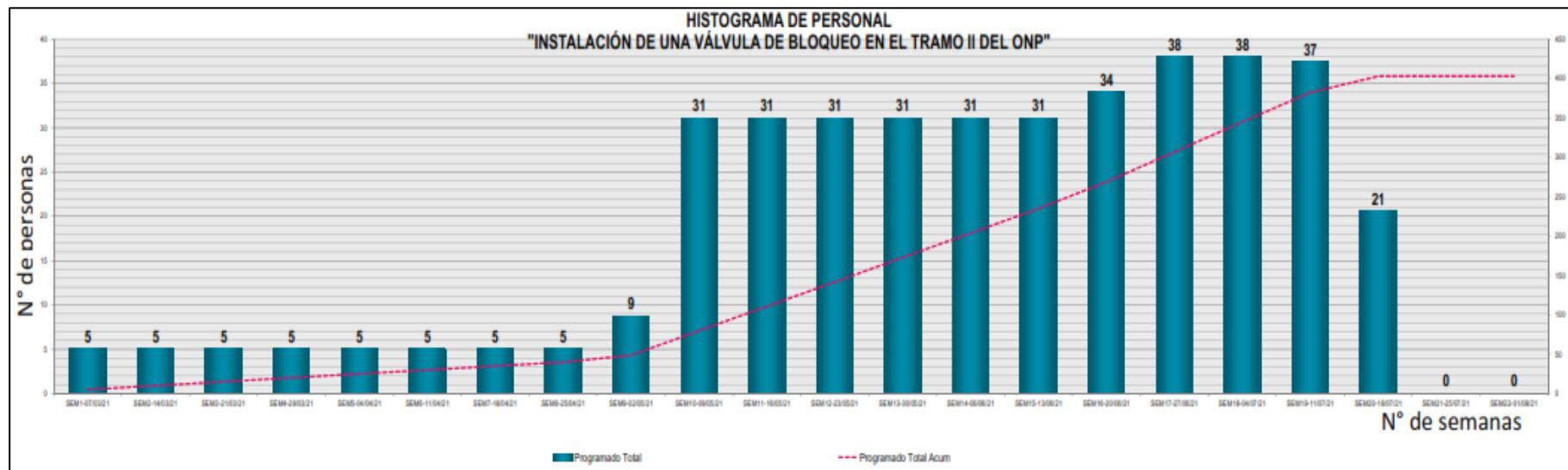
Cronograma de la instalación de una válvula de bloqueo



Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 5:

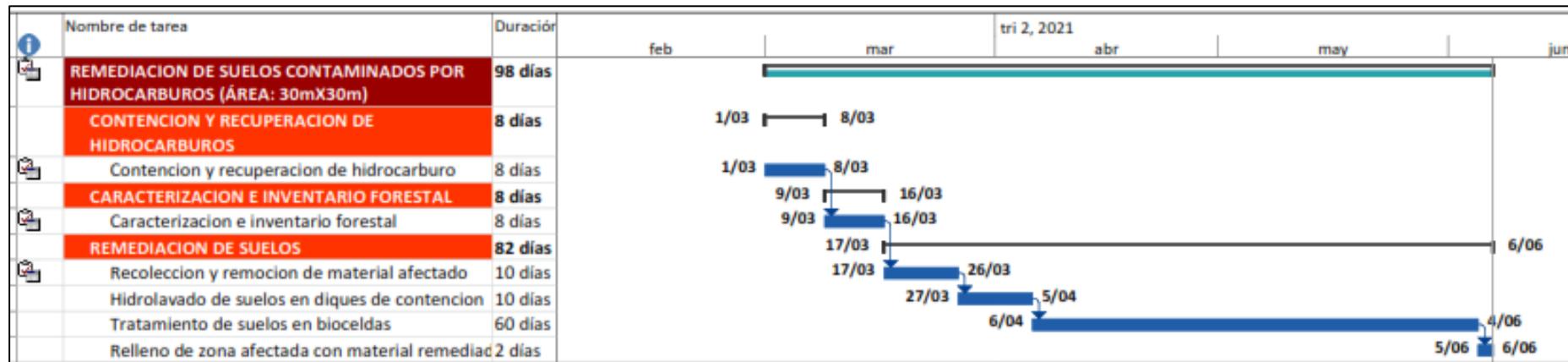
Histograma del personal para la instalación de una válvula de bloqueo



Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 6:

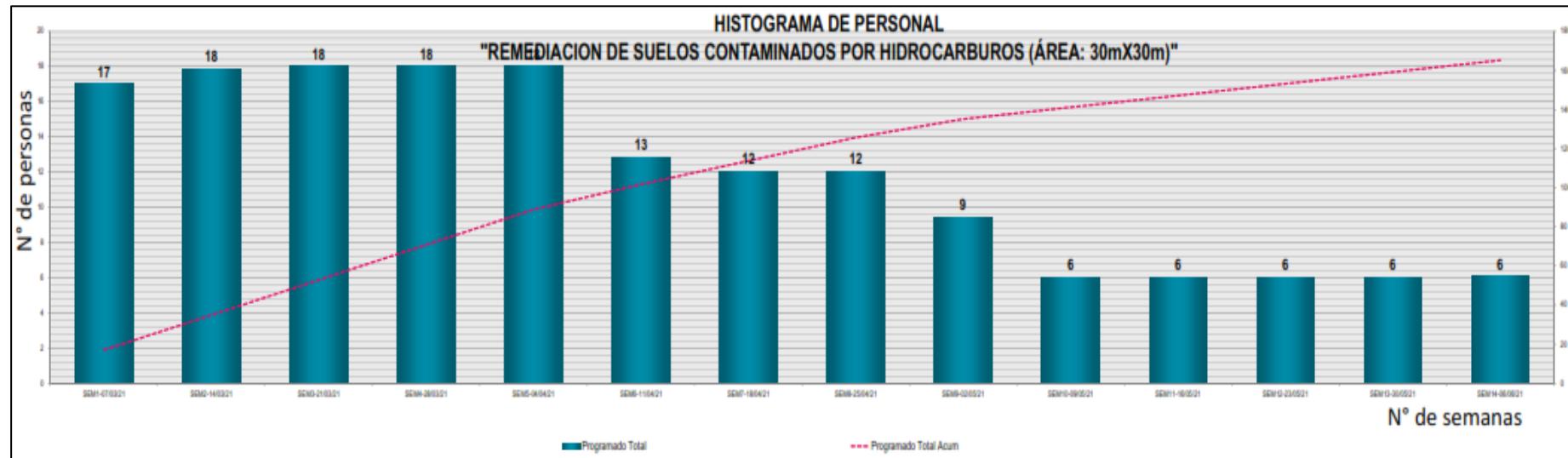
Cronograma para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos



Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 7:

Histograma del personal para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30 m por 30 m



Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 8:

Precios unitarios para la instalación de una válvula de bloqueo

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0202007 INSTALACION DE VALVULA DE BLOQUEO					
Subpresupuesto	001 INSTALACION DE VALVULA DE BLOQUEO					
Partida	01.01.01	Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.				
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb	71,865.70	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
	Subcontratos					
0400010001001:SC VUELO: LIMA-JAEN-LIMA			und		56.0000	180.00
0424010005	SC TRANSPORTE TERRESTRE TALARA - JAEN - TALARA		und		30.0000	48.78
0424010006	SC TRANSPORTE: IQUITOS - JAEN - IQUITOS		und		20.0000	182.93
0424010007	SC TRANSPORTE TERRESTRE LMA - JAEN - LIMA		und		45.0000	109.76
0424010008	SC CAMIONETA OBRA		día		150.0000	125.39
0424010009	SC COASTER OBRA		día		150.0000	219.44
						71,865.70
Partida	01.01.02	Hospedaje y Alimentación para el Personal				
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb	65,658.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
	Subcontratos					
0409050023	SC LAVANDERIA		und		3,100.0000	1.52
0409050024	SC ALIMENTACION - 3 COMIDAS DIARIAS		und		3,100.0000	10.37
0409050025	SC ALOJAMIENTO		und		3,100.0000	9.29
						65,658.00
Partida	01.01.03	Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)				
Rendimiento	glb/DIA	0.2000	EQ. 0.2000	Costo unitario directo por : glb	8,976.19	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
	Mano de Obra					
0101010006000:OPERADOR DE EQUIPO PESADO			dh		2.0000	10.0000
0101010006000:CAPATAZ MECANICO			dh		1.0000	5.0000
0101010006000:OPERARIO MECANICO			dh		1.0000	5.0000
0101010006000:AYUDANTE MECANICO			dh		10.0000	50.0000
						3,988.45
	Materiales					
0267110022	CARPAS PARA 2 PERSONAS		und		20.0000	24.39
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo		5.0000	3,988.45
						199.42
						687.22
	Equipos					
0301030001000:EQUIPOS VARIOS			%mo		5.0000	3,988.45
0301350001001:CONTENEDOR DE ALMACEN			mes		2.5000	700.00
						1,750.00
						1,949.42
	Subcontratos					
0423040001000:SC ALQUILER OFICINA EN CIDUDAD CERCANA			mes		2.5000	940.44
						2,351.10

Partida	01.02.01	Identificación de la ubicación de la válvula de bloqueo					
Rendimiento	glb/DIA	0.0769	EQ. 0.0769	Costo unitario directo por : glb		2,423.85	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra						
0101010006000:CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	13.0039	80.16	1,042.39	
0101010006000:AYUDANTE MECANICO		dh	1.0000	13.0039	50.08	651.24	
							1,693.63
	Materiales						
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo		5.0000	1,693.63	84.68
							84.68
	Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL		de	1.0000	13.0039	43.13	560.86
0301030001000:EQUIPOS VARIOS			%mo		5.0000	1,693.63	84.68
							645.54
Partida	01.02.02	Estudio de suelos para cimentación y pilotaje					
Rendimiento	glb/DIA	0.0769	EQ. 0.0769	Costo unitario directo por : glb		22,410.34	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra						
0101010006000:CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	13.0039	80.16	1,042.39	
0101010006000:AYUDANTE MECANICO		dh	2.0000	26.0078	50.08	1,302.47	
							2,344.86
	Materiales						
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo		5.0000	2,344.86	117.24
							117.24
	Equipos						
0301030001000:EQUIPOS VARIOS			%mo		5.0000	2,344.86	117.24
							117.24
	Subcontratos						
0400010001001:SC ESTUDIO DE SUELOS		und		1.0000	14,150.00	14,150.00	
0400010001001:SC INGENIERIA PARA CIMENTACION		und		1.0000	1,950.00	1,950.00	
0400010001001:SC INGENIERIA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO (CASETA)		und		1.0000	1,210.00	1,210.00	
0400010001001:SC INGENIERIA PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO		und		1.0000	1,311.00	1,311.00	
0400010001002:SC INGENIERIA PARA PARTE ELECTRICA (PUESTA A TIER)		und		1.0000	1,210.00	1,210.00	
							19,831.00
Partida	01.02.03	Traslado de válvula de bloqueo, accesorios y equipos					
Rendimiento	glb/DIA	0.1667	EQ. 0.1667	Costo unitario directo por : glb		65,348.42	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
	Mano de Obra						
0101010006000:OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	3.0000	17.9964	71.90	1,293.94	
0101010006000:CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	5.9988	80.16	480.86	
0101010006000:OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	11.9976	72.93	874.98	
0101010006000:AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	59.9880	50.08	3,004.20	
							5,653.98

Materiales						
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo	5.0000	5,653.98	282.70
						282.70
Equipos						
0301030001000: EQUIPOS VARIOS			%mo	5.0000	5,653.98	282.70
0301090002	TRACTOR D6		dm	3.0000	17.9964	766.70
0301090003	GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger)		dm	5.0000	29.9940	639.16
0301170003	EXCAVADORA PC 200		dm	3.0000	17.9964	545.90
						9,824.23
						43,075.74
Subcontratos						
0400010001002: SC CAMA BAJA: LIMA-SARAMIRIZA (GRUAS MOV-DESMOV vje				1.0000	3,456.00	3,456.00
0400010001002: SC CAMION PLATAFORMA: LIMA-SARAMIRIZA (HOT TAPS 'vje				1.0000	3,220.00	3,220.00
0400010001002: SC CAMION PLATAFORMA: SARAMIRIZA-LIMA (HOT TAPS) vje				1.0000	3,220.00	3,220.00
0400010001002: SC CAMION PLATAFORMA: LIMA-SARAMIRIZA (MATERIAL vje				2.0000	3,220.00	6,440.00
						16,336.00
Partida	01.02.04	Excavación/ tapado de 01 zanja				
Rendimiento	glb/DIA	0.0250	EQ. 0.0250	Costo unitario directo por : glb	103,096.48	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000: OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	2.0000	80.0000	71.90	5,752.00
0101010006000: CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	40.0000	80.16	3,206.40
0101010006000: OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	80.0000	72.93	5,834.40
0101010006000: AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	400.0000	50.08	20,032.00
0101010006000: OFICIAL MECANICO		dh	1.0000	40.0000	55.75	2,230.00
						37,054.80
Materiales						
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200		gal	1,500.0000	4.57	6,855.00
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo	5.0000	37,054.80	1,852.74
						8,707.74
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL		de	1.0000	40.0000	43.13
0301030001000: EQUIPOS VARIOS			%mo	5.0000	37,054.80	1,852.74
0301040004	MOTOBOMBA		dm	2.0000	80.0000	15.65
0301090002	TRACTOR D6		dm	1.0000	40.0000	766.70
0301170003	EXCAVADORA PC 200		dm	1.0000	40.0000	545.90
						21,836.00
						57,333.94
Partida	01.02.05	Construcción de cimentación para válvula de bloqueo				
Rendimiento	und/DIA	0.1429	EQ. 0.1429	Costo unitario directo por : und	16,182.63	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000: OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	2.0000	13.9958	71.90	1,006.30
0101010006000: CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	6.9979	80.16	560.95
0101010006000: OPERARIO MECANICO		dh	1.0000	6.9979	72.93	510.36
0101010006000: AYUDANTE MECANICO		dh	6.0000	41.9874	50.08	2,102.73
0101010006000: OFICIAL MECANICO		dh	3.0000	20.9937	55.75	1,170.40
						5,350.74

Materiales						
0204030005	ACERO DE REFUERZO	kg	118.3000	2.25	266.18	
0219010012	CONCRETO FC=210 KG/CM2	m3	2.3660	177.25	419.37	
0219130001001	TUBO 16" x 6 M, SCH 40 - PARA POSTE SOLAR	und	1.0000	2,597.70	2,597.70	
0231220002	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	7.1680	16.97	121.64	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	5,350.74	267.54	
						3,672.43

Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	6.9979	43.13	301.82
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	5,350.74	267.54
0301040004	MOTOBOMBA	dm	1.0000	6.9979	15.65	109.52
0301090002	TRACTOR D6	dm	0.2000	1.3996	766.70	1,073.07
0301090003	GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger)	dm	0.2000	1.3996	639.16	894.57
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	1.0000	6.9979	545.90	3,820.15
0301290001000	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	dm	2.0000	13.9958	1.50	20.99
0301340001000	ANDAMIOS	dm	20.0000	139.9580	4.80	671.80
						7,159.46

Partida	01.02.06	Instalación de Equipos Hot Tap, Line Stop, aislamiento y drenaje de crudo					
Rendimiento	und/DIA	0.0606	EQ. 0.0606	Costo unitario directo por : und	317,985.73		
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	2.0000	33.0033	71.90	2,372.94
0101010006000	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	16.5017	80.16	1,322.78
0101010006000	OPERARIO MECANICO		dh	1.0000	16.5017	72.93	1,203.47
0101010006000	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	165.0165	50.08	8,264.03
0101010006000	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	66.0066	55.75	3,679.87
0101020001001	SOLDADOR 6G		dh	4.0000	66.0066	92.55	6,108.91
0101020001001	SOLDADOR 3G		dh	1.0000	16.5017	72.93	1,203.47
							24,155.47

Materiales						
0215080002	BULK DRUM	und	4.0000	165.00	660.00	
0254020002	PORTICO DE IZAJE PARA TUBERIA DE 36"	und	14.0000	4,553.00	63,742.00	
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018	kg	73.4000	3.80	278.92	
0276030009	DADOS DE CONCRETO	m3	7.5000	200.00	1,500.00	
02901300050001	ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"	und	10.0000	9.59	95.90	
02901300050011	ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"	und	15.0000	6.88	103.20	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	24,155.47	1,207.77	
						67,587.79
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	16.5017	43.13	711.72
03010300010001	EQUIPOS VARIOS	%mo	5.0000	24,155.47	1,207.77	
0301040004	MOTOBOMBA	dm	1.0000	16.5017	15.65	258.25
0301090003	GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger)	dm	1.0000	16.5017	639.16	10,547.23
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	0.4000	6.6007	545.90	3,603.32
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A	dm	6.0000	99.0099	104.63	10,359.41
03012800010001	TORQUIMETRO	dm	2.0000	33.0033	4.90	161.72
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO	dm	2.0000	33.0033	1.14	37.62
03013400010001	ANDAMIOS	dm	6.0000	99.0099	4.80	475.25
03013400020001	ESMERIL ANGULAR DE 7"	dm	5.0000	82.5083	1.73	142.74
03013400020001	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"	dm	5.0000	82.5083	3.08	254.13
0301430002	TECLE DE CADENA DE 15 ton	dm	40.0000	660.0660	17.78	11,735.97
						39,495.13
Subcontratos						
0415120008	SC EQUIPO PARA REINYECCION DE CRUDO	und	1.0000	1,275.00	1,275.00	
0415120009	SC EQUIPO DE HOT TAP 36"	und	1.0000	160,794.50	160,794.50	
0415120010	SC MANTENIMIENTO DE EQUIPOS H,T y L.S. de petroperu	und	1.0000	11,375.00	11,375.00	
0415120011	SC ENSAYO DE MT, UT Y RX	día	17.0000	782.52	13,302.84	
						186,747.34
Partida	01.02.07	Corte de Tubería (Extracción de tramo de tubería)				
Rendimiento	und/DIA	0.5000	EQ. 0.5000	usto unitario directo por : und		35,256.58
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
01010100060001	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	2.0000	80.16
01010100060001	OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	4.0000	72.93
01010100060001	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	20.0000	50.08
01010100060001	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	8.0000	55.75
01010200010011	SOLDADOR 6G		dh	2.0000	4.0000	92.55
						2,269.84

Materiales						
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo	5.0000	2,269.84	113.49
						113.49
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL		de	1.0000	2.0000	43.13
0301030001000: EQUIPOS VARIOS			%mo	5.0000	2,269.84	113.49
0301090003	GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger)		dm	1.0000	2.0000	639.16
0301340002000: ESMERIL ANGULAR DE 7"			dm	1.0000	2.0000	1.73
0301340002000: ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"			dm	1.0000	2.0000	3.08
0301430002	TECLE DE CADENA DE 15 ton		dm	2.0000	4.0000	17.78
0301430003	TECLE DE RACHET 1.5 ton		dm	4.0000	8.0000	0.74
0301440005	CORTADOR HIDRAULICO DE 36"		dm	0.2000	0.4000	74,358.70
						29,743.48
						31,308.21
Subcontratos						
0415120011	SC ENSAYO DE MT, UT Y RX		día	2.0000	782.52	1,565.04
						1,565.04
Partida	01.02.08	Instalación de válvula de bloqueo nuevas 36" del Tramo II (alineamiento, soldadura, conexiones mecánicas, eléctricas e instrumentación)				
Rendimiento	und/DIA	0.1429	EQ. 0.1429	usto unitario directo por : und	378,014.49	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
Mano de Obra						Parcial U\$
0101010006000:CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	6.9979	80.16	560.95
0101010006000:OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	13.9958	72.93	1,020.71
0101010006000:AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	69.9790	50.08	3,504.55
0101010006000:OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	27.9916	55.75	1,560.53
0101010006000:ELECTRICISTA		dh	4.0000	27.9916	92.55	2,590.62
0101010006000:INSTRUMENTISTA		dh	3.0000	20.9937	92.55	1,942.97
0101020001001:SOLDADOR 6G		dh	2.0000	13.9958	92.55	1,295.31
						12,475.64
Materiales						
0201010022	ACEITE HIDRAULICO PARA ACTUADOR DE VALVULA 36"	gal	40.0000	10.00	400.00	
0201010023	ACETILENO	kg	13.0000	12.12	157.56	
0253010009	VALVULA DE BOLA 36PULG Y ACTUADOR ELECTRO/HIDR/	und	1.0000	350,000.00	350,000.00	
0255060001	OXIGENO	m3	52.2000	3.94	205.67	
0255060002	NITROGENO ULTRA PURO GRADO 5.0	m3	30.0000	40.00	1,200.00	
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018	kg	52.0000	3.80	197.60	
0290130005000: ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"		und	5.0000	9.59	47.95	
0290130005001: ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"		und	20.0000	6.88	137.60	
0290130005001: ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA		und	10.0000	1.32	13.20	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	12,475.64	623.78	
						352,983.36

Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	6.9979	43.13	301.82
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	12,475.64	623.78
0301030001001	GRAPA DE ALINEAMIENTO DE TUBERIA DE 12" A 36"	dm	3.0000	20.9937	50.00	1,049.69
0301040004	MOTOBOMBA	dm	1.0000	6.9979	15.65	109.52
0301060002000	REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M	dm	6.0000	41.9874	13.89	583.20
0301090003	GRUA TELESCOPICA 60 Ton (Incluye Operador y Rigger)	dm	1.0000	6.9979	639.16	4,472.78
0301140006000	COMPRESORA AIRE 350 PCM, CON MAGUERA DE 1"	dm	1.0000	6.9979	420.72	2,944.16
0301140009	TALADRO MAGNETICO	dm	1.0000	6.9979	9.89	69.21
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A	dm	3.0000	20.9937	104.63	2,196.57
0301280001000	TORQUIMETRO	dm	2.0000	13.9958	4.90	68.58
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO	dm	1.0000	6.9979	1.14	7.98
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 7"	dm	2.0000	13.9958	1.73	24.21
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"	dm	2.0000	13.9958	3.08	43.11
0301430004	TECLE DE CADENA DE 5 ton	dm	6.0000	41.9874	1.45	60.88
						12,555.49

Partida	01.02.09	Instalación de postes de soporte para los paneles solares				
Rendimiento	und/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und	5,605.80	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	dh	1.0000	1.0000	71.90	71.90
0101010006000	CAPATAZ MECANICO	dh	1.0000	1.0000	80.16	80.16
0101010006000	OPERARIO MECANICO	dh	2.0000	2.0000	72.93	145.86
0101010006000	AYUDANTE MECANICO	dh	4.0000	4.0000	50.08	200.32
0101010006000	OFICIAL MECANICO	dh	2.0000	2.0000	55.75	111.50
0101010006000	ELECTRICISTA	dh	4.0000	4.0000	92.55	370.20
0101020001001	SOLDADOR 6G	dh	1.0000	1.0000	92.55	92.55
						1,072.49

Materiales						
0201010023	ACETILENO	kg		3.2000	12.12	38.78
0204030005	ACERO DE REFUERZO	kg		1,000.0000	2.25	2,250.00
0219010012	CONCRETO FC=210 KG/CM2	m3		1.5000	177.25	265.88
0219130001001	TUBO 6" x 6 M, SCH 40 - PARA POSTE SOLAR	und		2.0000	245.00	490.00
0231220002	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2		9.5000	16.97	161.22
0255060001	OXIGENO	m3		12.5000	3.94	49.25
0270150002	CABLE DE ACERO DE 1/2"	m		42.0000	2.15	90.30
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018	kg		10.2000	3.80	38.76
0290130005000	ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"	und		5.0000	9.59	47.95
0290130005001	ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"	und		10.0000	6.88	68.80
0290130005001	ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA	und		2.0000	1.32	2.64
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	1,072.49	53.62
						3,557.20

Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	1.0000	43.13	43.13
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	1,072.49	53.62
0301060002000	REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M	dm	4.0000	4.0000	13.89	55.56
0301120002	EQUIPO DE PINTURA	dm	1.0000	1.0000	43.61	43.61
0301140009	TALADRO MAGNETICO	dm	1.0000	1.0000	9.89	9.89
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	1.0000	1.0000	545.90	545.90
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A	dm	2.0000	2.0000	104.63	209.26
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO	dm	1.0000	1.0000	1.14	1.14
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 7"	dm	2.0000	2.0000	1.73	3.46
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"	dm	2.0000	2.0000	3.08	6.16
0301430003	TECLE DE RACHET 1.5 ton	dm	2.0000	2.0000	0.74	1.48
0301430004	TECLE DE CADENA DE 5 ton	dm	2.0000	2.0000	1.45	2.90
					976.11	

Partida 01.02.10 Montaje de caseta de control (incluye cimentación), unidad de potencia hidráulica y pararrayos

Rendimiento	und/DIA	0.0556	EQ. 0.0556	Costo unitario directo por : und	65,812.43		
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	1.0000	17.9856	71.90	1,293.16
0101010006000	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	17.9856	80.16	1,441.73
0101010006000	OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	35.9712	72.93	2,623.38
0101010006000	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	179.8561	50.08	9,007.19
0101010006000	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	71.9424	55.75	4,010.79
0101010006000	ELECTRICISTA		dh	4.0000	71.9424	92.55	6,658.27
0101020001001	SOLDADOR 3G		dh	2.0000	35.9712	72.93	2,623.38
						27,657.90	

Materiales						
0201010023	ACETILENO	kg		6.5000	12.12	78.78
0204030005	ACERO DE REFUERZO	kg		270.0000	2.25	607.50
0204180008	MATERIAL A36, PLANCHAS DELGADAS	kg		267.0000	1.25	333.75
0204180009	MATERIALES AC PARA BARANDAS TIPO A	und		1.0000	1,649.76	1,649.76
0204180010	MATERIALES AC PARA ESCALERAS TIPO A	und		1.0000	206.22	206.22
0204180011	MATERIALES AC PARA PISO DE CASETA TIPO A	und		1.0000	9,417.50	9,417.50
0219010012	CONCRETO F'C=210 KG/CM2	m3		5.4000	177.25	957.15
0219130001001	TUBO 8" x 2m, SCH 40 - COLUMNAS	und		2.0000	93.46	186.92
0219130001001	MÁSTIL INOXIDABLE DE 6M X 1 1 /2"	und		1.0000	1,220.56	1,220.56
0231220002	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2		2.4000	16.97	40.73
0255060001	OXIGENO	m3		26.3000	3.94	103.62
0267110023	CABLE DE COBRE DESNUDO 70 MM	m		1.0000	144.00	144.00
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018	kg		21.5000	3.80	81.70
0272040054	POZO A TIERRA	und		2.0000	1,000.00	2,000.00
0274050001001	PARARRAYO	und		1.0000	1,150.00	1,150.00
0290130005000	ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"	und		10.0000	9.59	95.90
0290130005001	ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"	und		20.0000	6.88	137.60
0290130005001	ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA	und		10.0000	1.32	13.20
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	27,657.90	1,382.90
					19,807.79	

Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	17.9856	43.13	775.72
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	27,657.90	1,382.90
0301060002000	REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M	dm	4.0000	71.9424	13.89	999.28
0301120002	EQUIPO DE PINTURA	dm	1.0000	17.9856	43.61	784.35
0301140009	TALADRO MAGNETICO	dm	1.0000	17.9856	9.89	177.88
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	1.0000	17.9856	545.90	9,818.34
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A	dm	2.0000	35.9712	104.63	3,763.67
0301290001000	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP	dm	1.0000	17.9856	1.50	26.98
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO	dm	1.0000	17.9856	1.14	20.50
0301340001000	ANDAMIOS	dm	4.0000	71.9424	4.80	345.32
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 7"	dm	2.0000	35.9712	1.73	62.23
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"	dm	2.0000	35.9712	3.08	110.79
0301430003	TECLE DE RACHET 1.5 ton	dm	2.0000	35.9712	0.74	26.62
0301430004	TECLE DE CADENA DE 5 ton	dm	2.0000	35.9712	1.45	52.16
						18,346.74

Partida	01.02.11	Instalación de sistema Fotovoltaico				
Rendimiento	und/DIA	0.3333	EQ. 0.3333	osto unitario directo por : und	7,394.61	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	3.0003	80.16
0101010006000	OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	6.0006	72.93
0101010006000	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	30.0030	50.08
0101010006000	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	12.0012	55.75
0101010006000	ELECTRICISTA		dh	3.0000	9.0009	92.55
0101010006000	INSTRUMENTISTA		dh	2.0000	6.0006	92.55
0101020001001	SOLDADOR 6G		dh	2.0000	6.0006	92.55
						4,793.49
Materiales						
0201010023	ACETILENO	kg		3.2000	12.12	38.78
0255060001	OXIGENO	m3		12.5000	3.94	49.25
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018	kg		10.2000	3.80	38.76
0290130005000	ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"	und		5.0000	9.59	47.95
0290130005001	ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"	und		10.0000	6.88	68.80
0290130005001	ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA	und		2.0000	1.32	2.64
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	4,793.49	239.67
						485.85

Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL	de	1.0000	3.0003	43.13	129.40
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	4,793.49	239.67
0301060002000	REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M	dm	4.0000	12.0012	13.89	166.70
0301140009	TALADRO MAGNETICO	dm	1.0000	3.0003	9.89	29.67
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	0.5000	1.5002	545.90	818.96
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A	dm	2.0000	6.0006	104.63	627.84
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO	dm	1.0000	3.0003	1.14	3.42
0301340001000	ANDAMIOS	dm	4.0000	12.0012	4.80	57.61
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 7"	dm	2.0000	6.0006	1.73	10.38
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"	dm	2.0000	6.0006	3.08	18.48
0301430003	TECLE DE RACHET 1.5 ton	dm	2.0000	6.0006	0.74	4.44
0301430004	TECLE DE CADENA DE 5 ton	dm	2.0000	6.0006	1.45	8.70
						2,115.27

Partida	01.02.12	Suministro de sistema Fotovoltaico				
Rendimiento	und/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : und	10,975.76	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	0.1000	80.16
0101010006000	OPERARIO MECANICO		dh	2.0000	0.2000	72.93
0101010006000	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	1.0000	50.08
0101010006000	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	0.4000	55.75
0101010006000	ELECTRICISTA		dh	3.0000	0.3000	92.55
0101010006000	INSTRUMENTISTA		dh	2.0000	0.2000	92.55
0101020001001	SOLDADOR 6G		dh	2.0000	0.2000	92.55
						159.78
Materiales						
0290100002001	SUMINISTRO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO	und		1.0000	10,800.00	10,800.00
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	159.78	7.99
						10,807.99
Equipos						
0301030001000	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	159.78	7.99
						7.99

Partida	01.02.13	Instalación de cerco perimétrico				
Rendimiento	und/DIA	0.2500	EQ. 0.2500	Costo unitario directo por : und	14,981.10	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
0101010006000	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	1.0000	4.0000	71.90
0101010006000	CAPATAZ MECANICO		dh	1.0000	4.0000	80.16
0101010006000	OPERARIO MECANICO		dh	1.0000	4.0000	72.93
0101010006000	AYUDANTE MECANICO		dh	10.0000	40.0000	50.08
0101010006000	OFICIAL MECANICO		dh	4.0000	16.0000	55.75
0101020001001	SOLDADOR 3G		dh	1.0000	4.0000	72.93
						4,086.88

Materiales						
0201010023	ACETILENO		kg	3.1400	12.12	38.06
0255060001	OXIGENO		m3	12.5600	3.94	49.49
0272040053	ELECTRODOS E6011 Y E7018		kg	10.2700	3.80	39.03
0276030009	DADOS DE CONCRETO		m3	2.8000	200.00	560.00
0276030010	MATERIALES GALVANIZADOS DE CERCO		m	40.0000	186.66	7,466.40
0290130005000	ESCOBILLA CIRCULAR DE ACERO 6 X 7/8"		und	10.0000	9.59	95.90
0290130005001	ESCOBILLA CIRCULAR DE 4.5"		und	20.0000	6.88	137.60
0290130005001	ESCOBILLAS DE ACERO C/ MANGO DE MADERA		und	10.0000	1.32	13.20
0290240006	GALVANIZADO EN FRIO GALVANOX SPRAY		und	2.0000	20.89	41.78
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo	5.0000	4,086.88	204.34
						8,645.80
Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL		de	1.0000	4.0000	43.13
0301030001000	EQUIPOS VARIOS		%mo		5.0000	4,086.88
0301060002000	REFLECTOR DE 500 WATTS CON CABLES DE 20M		dm	4.0000	16.0000	13.89
0301120002	EQUIPO DE PINTURA		dm	1.0000	4.0000	43.61
0301140009	TALADRO MAGNETICO		dm	1.0000	4.0000	9.89
0301170003	EXCAVADORA PC 200		dm	0.4000	1.6000	545.90
0301270005	MOTOSOLDADORA 500A		dm	1.0000	4.0000	104.63
0301290001000	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP		dm	1.0000	4.0000	1.50
0301330008	EQUIPO DE OXICORTE COMPLETO		dm	1.0000	4.0000	1.14
0301340001000	ANDAMIOS		dm	4.0000	16.0000	4.80
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 7"		dm	2.0000	8.0000	1.73
0301340002000	ESMERIL ANGULAR DE 4 1/2"		dm	2.0000	8.0000	3.08
0301430003	TECLE DE RACHET 1.5 ton		dm	2.0000	8.0000	0.74
0301430004	TECLE DE CADENA DE 5 ton		dm	2.0000	8.0000	1.45
						2,248.42

Partida	01.03.01	Ingeniero Residente				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes	Precio U\$	Parcial U\$
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	
0103010013	INGENIERO RESIDENTE		mes		1.0000	4,931.51
						4,931.51

Partida	01.03.02	Ingeniero de oficina tecnica				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes	Precio U\$	Parcial U\$
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	
0103010014	INGENIERO OFICINA TECNICA		mes		1.0000	3,287.67
						3,287.67

Partida	01.03.03	Ingeniero Seguridad					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		3,835.62	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010015	INGENIERO DE SEGURIDAD		mes		1.0000	3,835.62	3,835.62
							3,835.62
Partida	01.03.04	Administrador de obra					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		1,095.89	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103020006	ADMINISTRADOR DE OBRA		mes		1.0000	1,095.89	1,095.89
							1,095.89
Partida	01.03.05	Relacionista comunitario					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		1,232.88	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103030017	RELACIONISTA COMUNITARIOS		mes		1.0000	1,232.88	1,232.88
							1,232.88
Partida	01.03.06	Inspector de soldadura					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		4,109.59	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103030018	INSPECTOR DE SOLDADURA		mes		1.0000	4,109.59	4,109.59
							4,109.59
Partida	01.03.07	Prevencionista					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		1,041.10	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0101010007	PREVENCIONISTA		hh		0.1000	1.0000	1,041.10
							1,041.10
Partida	01.03.08	Almacenero					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		958.90	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010016	ALMACENERO ALMACENERO		mes		1.0000	958.90	958.90
							958.90
Partida	01.03.09	Tecnico Certificado en equipo Hot Tap y Line Stop					
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : mes		8,219.18	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
010201000001:TECNICO CERTIFICADO HOT TAP Y LINE STOP			mes		2.0000	4,109.59	8,219.18
							8,219.18

Anexo 9:

Precios unitarios para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos en un área de 30m por 30m

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101004 REMEDIACION DE SUELOS 30MX30M 2MESES BIOREMEDIACION					
Partida	01.01.01 Movilización/Desmovilización de equipos, material y personal.					
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	sto unitario directo por : glb	27,678.34	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0400010001001	SC VUELO: LIMA-JAEN-LIMA	und		24.0000	180.00	4,320.00
0424010005	SC TRANSPORTE TERRESTRE TALARA - J/ und			38.0000	48.78	1,853.64
0424010008	SC CAMIONETA OBRA	día		98.0000	125.39	12,288.22
0424010009	SC COASTER OBRA	día		42.0000	219.44	9,216.48
						27,678.34
Partida	01.01.02 EMO y Equipos de protección personal					
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	sto unitario directo por : glb	16,432.68	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0301380003	MAMELUCO TYVEK PARA PROTECCION QL glb			1.0000	3,077.28	3,077.28
0304010003	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL	und		21.0000	274.50	5,764.50
						8,841.78
	Subcontratos					
0410010014	EXAMEN MEDICO INGRESO - SALIDA	glb		1.0000	7,590.90	7,590.90
						7,590.90
Partida	01.01.03 Hospedaje y Alimentación para el Personal					
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	sto unitario directo por : glb	28,720.08	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0409050023	SC LAVANDERIA	und		1,356.0000	1.52	2,061.12
0409050024	SC ALIMENTACION - 3 COMIDAS DIARIAS	und		1,356.0000	10.37	14,061.72
0409050025	SC ALOJAMIENTO	und		1,356.0000	9.29	12,597.24
						28,720.08

Partida	01.01.04		Construcción de facilidades en obra (ambiente de almacén, oficinas, comedor, servicios higiénicos)				
Rendimiento	glb/DIA	0.2500	EQ. 0.2500 sto unitario directo por : glb		11,930.90		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Mano de Obra							
01010100060003	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		dh	1.0000	4.0000	71.90	287.60
01010100060013	CAPATAZ CIVIL		dh	1.0000	4.0000	73.28	293.12
01010100060014	AYUDANTE GENERAL		dh	5.0000	20.0000	45.26	905.20
01010100060015	OFICIAL CIVIL		dh	1.0000	4.0000	50.24	200.96
							1,686.88
Materiales							
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200		gal		48.0000	4.78	229.44
0267110024	CARPAS TIPO B PARA COMEDOR		mes		3.0000	500.00	1,500.00
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo		5.0000	1,686.88	84.34
							1,813.78
Equipos							
03010300010009	EQUIPOS VARIOS		%mo		5.0000	1,686.88	84.34
0301170003	EXCAVADORA PC 200		dm	0.2500	1.0000	545.90	545.90
03013500010010	CONTENEDOR DE ALMACEN		mes		3.0000	700.00	2,100.00
03013500010011	CONTENEDOR PARA OFICINA		mes		3.0000	700.00	2,100.00
03013500010012	SERVICIO HIGIENICO PORTATIL		mes		6.0000	600.00	3,600.00
							8,430.24
Partida	01.01.05		Habilitacion de acceso				
Rendimiento	km/DIA	0.5000	EQ. 0.5000 sto unitario directo por : km		4,133.44		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
Mano de Obra							
01010100060010	OPERADOR DE EXCAVADORA		dh	1.0000	2.0000	65.72	131.44
01010100060011	OPERADOR DE TRACTOR		dh	1.0000	2.0000	65.72	131.44
01010100060013	CAPATAZ CIVIL		dh	1.0000	2.0000	73.28	146.56
01010100060014	AYUDANTE GENERAL		dh	2.0000	4.0000	45.26	181.04
							590.48

Materiales						
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200	gal	96.0000	4.78	458.88	
0201040004	COMBUSTIBLE - TRACTOR	gal	96.0000	4.78	458.88	
						917.76

Equipos						
0301090002	TRACTOR D6	dm	1.0000	2.0000	766.70	1,533.40
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	1.0000	2.0000	545.90	1,091.80
						2,625.20

Partida	01.02.01		Contencion y recuperacion de hidrocarburo				
Rendimiento	glb/DIA		0.1250	EQ. 0.1250	sto unitario directo por : glb	17,600.32	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$
	Mano de Obra						Parcial U\$
01010100060013	CAPATAZ CIVIL		dh	1.0000	8.0000	73.28	586.24
01010100060014	AYUDANTE GENERAL		dh	6.0000	48.0000	45.26	2,172.48
01010100060015	OFICIAL CIVIL		dh	2.0000	16.0000	50.24	803.84
01010100060016	MOTOSIERRISTA		dh	1.0000	8.0000	63.84	510.72
							4,073.28

Materiales						
0201050006	OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS	bol	30.0000	85.00	2,550.00	
0215080002	BULK DRUM	und	10.0000	165.00	1,650.00	
0215080003	TANQUE SKIMMER	und	2.0000	2,200.00	4,400.00	
02450200010017	BARRERA DE CONTENCION, DE PVC POLIE	und	4.0000	800.00	3,200.00	
02450200010018	CORDONES SALCHICHONES ABSORBENTE	und	20.0000	42.25	845.00	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	4,073.28	203.66	
						12,848.66

Equipos						
0301330010	BOMBA PARA HIDROCARBUROS	dm	0.5000	4.0000	45.00	180.00
03010300010009	EQUIPOS VARIOS	%mo	5.0000	4,073.28	203.66	
0301330009	MOTOSIERRA	dm	1.0000	8.0000	36.84	294.72
						678.38

Partida	01.03.01		Caracterizacion e inventario forestal				
Rendimiento	glb/DIA	0.1250	EQ. 0.1250	sto unitario directo por : glb	9,417.76		
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
01010100060013	CAPATAZ CIVIL		dh	1.0000	8.0000	73.28	586.24
01010100060014	AYUDANTE GENERAL		dh	6.0000	48.0000	45.26	2,172.48
01010100060015	OFICIAL CIVIL		dh	2.0000	16.0000	50.24	803.84
01010100060016	MOTOSIERRISTA		dh	1.0000	8.0000	63.84	510.72
0101030009	TOPOGRAFO		dh	0.5000	4.0000	73.28	293.12
							4,366.40
	Materiales						
0292010003	MATERIALES (VARIOS)		%mo		5.0000	4,366.40	218.32
							218.32
	Equipos						
0301000020	ESTACION TOTAL		de	0.5000	4.0000	80.00	320.00
03010300010009	EQUIPOS VARIOS		%mo		5.0000	4,366.40	218.32
0301330009	MOTOSIERRA		dm	1.0000	8.0000	36.84	294.72
							833.04
	Subcontratos						
04000100010025	SUBCONTRATO ANALISIS DE LABORATORIO	und			8.0000	500.00	4,000.00
							4,000.00
Partida	01.04.01		Recolección y remoción de material afectado				
Rendimiento	glb/DIA	0.1000	EQ. 0.1000	sto unitario directo por : glb	8,656.64		
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
01010100060010	OPERADOR DE EXCAVADORA		dh	0.5000	5.0000	65.72	328.60
01010100060013	CAPATAZ CIVIL		dh	1.0000	10.0000	73.28	732.80
01010100060014	AYUDANTE GENERAL		dh	6.0000	60.0000	45.26	2,715.60
01010100060015	OFICIAL CIVIL		dh	2.0000	20.0000	50.24	1,004.80
01010100060016	MOTOSIERRISTA		dh	1.0000	10.0000	63.84	638.40
							5,420.20

Materiales						
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200	gal	144.0000	4.78	688.32	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	5,420.20	271.01	
					959.33	

Equipos						
03010300010009	EQUIPOS VARIOS	%mo	5.0000	5,420.20	271.01	
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	0.3000	3.0000	545.90	1,637.70
0301330009	MOTOSIERRA	dm	1.0000	10.0000	36.84	368.40
					2,277.11	

Partida	01.04.02	Hidrolavado de suelos en diques de contencion				
Rendimiento	glb/DIA	0.1000	EQ. 0.1000	sto unitario directo por : glb	42,242.08	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
01010100060010	OPERADOR DE EXCAVADORA	dh	0.8000	8.0000	65.72	525.76
01010100060013	CAPATAZ CIVIL	dh	1.0000	10.0000	73.28	732.80
01010100060014	AYUDANTE GENERAL	dh	6.0000	60.0000	45.26	2,715.60
01010100060015	OFICIAL CIVIL	dh	2.0000	20.0000	50.24	1,004.80
					4,978.96	

Materiales						
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200	gal	384.0000	4.78	1,835.52	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	500.0000	10.00	5,000.00	
0210020003	GEOMEMBRANA HDPE 2mm	m2	225.0000	5.50	1,237.50	
0210030003	MALLA RASCHEL	m2	30.0000	2.10	63.00	
0248010002	TANQUES DE AGUA 2.5M3	und	10.0000	352.00	3,520.00	
0279010048	SURFACTANTE BIODEGRADABLE	gal	84.0000	238.00	19,992.00	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo	5.0000	4,978.96	248.95	
					31,896.97	

Equipos						
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	0.8000	8.0000	545.90	4,367.20
0301330010	BOMBA PARA HIDROCARBUROS	dm	1.0000	10.0000	45.00	450.00
03013400010010	EQUIPO DE HIDROLAVADO	dm	1.0000	10.0000	30.00	300.00
03010300010009	EQUIPOS VARIOS	%mo	5.0000	4,978.96	248.95	
					5,366.15	

Partida	01.04.03 Tratamiento de suelos en bioceldas						
Rendimiento	glb/DIA	0.0167	EQ. 0.0167	sto unitario directo por : glb	49,076.48		
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
01010100060010	OPERADOR DE EXCAVADORA	dh	0.1504	9.0060	65.72	591.87	
01010100060012	OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	dh	0.0335	2.0060	65.72	131.83	
01010100060013	CAPATAZ CIVIL	dh	0.5000	29.9401	73.28	2,194.01	
01010100060014	AYUDANTE GENERAL	dh	1.0000	59.8802	45.26	2,710.18	
01010100060015	OFICIAL CIVIL	dh	0.5000	29.9401	50.24	1,504.19	
01010100060017	OPERADOR DE VOLQUETE OPERADOR DE	dh	0.0335	2.0060	65.72	131.83	
01010100060018	OPERADOR DE CISTERNA	dh	0.1504	9.0060	65.72	591.87	
							7,855.78
Materiales							
02191300010024	TUBERIA PVC 2"	m		10.0000	8.00	80.00	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	7,855.78	392.79	
0201050006	OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS	bol		20.0000	85.00	1,700.00	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		320.0000	10.00	3,200.00	
0210020004	GEOMEMBRANA HDPE 1mm, PARA CUBIER	m2		658.0000	2.30	1,513.40	
0210020005	GEOMEMBRANA HDPE 2mm, PARA FONDO	m2		658.0000	4.90	3,224.20	
02191300010022	TUBERIA PVC RANURADA 1"	m		90.0000	7.00	630.00	
02191300010023	TUBERIA PVC RANURADA 2"	m		43.0000	9.00	387.00	
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200	gal		216.0000	4.78	1,032.48	
0201040005	COMBUSTIBLE - CISTERNA	gal		144.0000	4.78	688.32	
0201040006	COMBUSTIBLE - CARGADOR FRONTAL	gal		91.2000	4.78	435.94	
0201040007	COMBUSTIBLE - VOLQUETE	gal		80.0000	4.78	382.40	
0201040008	COMBUSTIBLE - GENERADOR COMBUSTIB	gal		225.0000	4.78	1,075.50	
							14,742.03

Partida	01.04.03 Tratamiento de suelos en bioceldas						
Rendimiento	glb/DIA	0.0167	EQ. 0.0167	sto unitario directo por : glb	49,076.48		
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$	
01010100060010	OPERADOR DE EXCAVADORA	dh	0.1504	9.0060	65.72	591.87	
01010100060012	OPERADOR DE CARGADOR FRONTAL	dh	0.0335	2.0060	65.72	131.83	
01010100060013	CAPATAZ CIVIL	dh	0.5000	29.9401	73.28	2,194.01	
01010100060014	AYUDANTE GENERAL	dh	1.0000	59.8802	45.26	2,710.18	
01010100060015	OFICIAL CIVIL	dh	0.5000	29.9401	50.24	1,504.19	
01010100060017	OPERADOR DE VOLQUETE OPERADOR DE	dh	0.0335	2.0060	65.72	131.83	
01010100060018	OPERADOR DE CISTERNA	dh	0.1504	9.0060	65.72	591.87	
							7,855.78
Materiales							
02191300010024	TUBERIA PVC 2"	m		10.0000	8.00	80.00	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	7,855.78	392.79	
0201050006	OCLANSORB, SACOS DE 44 LTS	bol		20.0000	85.00	1,700.00	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		320.0000	10.00	3,200.00	
0210020004	GEOMEMBRANA HDPE 1mm, PARA CUBIER	m2		658.0000	2.30	1,513.40	
0210020005	GEOMEMBRANA HDPE 2mm, PARA FONDO	m2		658.0000	4.90	3,224.20	
02191300010022	TUBERIA PVC RANURADA 1"	m		90.0000	7.00	630.00	
02191300010023	TUBERIA PVC RANURADA 2"	m		43.0000	9.00	387.00	
0201040003	COMBUSTIBLE - EXCAVADORA PC200	gal		216.0000	4.78	1,032.48	
0201040005	COMBUSTIBLE - CISTERNA	gal		144.0000	4.78	688.32	
0201040006	COMBUSTIBLE - CARGADOR FRONTAL	gal		91.2000	4.78	435.94	
0201040007	COMBUSTIBLE - VOLQUETE	gal		80.0000	4.78	382.40	
0201040008	COMBUSTIBLE - GENERADOR COMBUSTIB	gal		225.0000	4.78	1,075.50	
							14,742.03

Equipos						
0301090002	TRACTOR D6	dm	0.5000	1.0000	766.70	766.70
0301170003	EXCAVADORA PC 200	dm	1.0000	2.0000	545.90	1,091.80
0301170004	CARGADOR FRONTAL	dm	0.5000	1.0000	441.65	441.65
0301170005	CAMION VOLQUETE	dm	0.5000	1.0000	300.00	300.00
03010300010009	EQUIPOS VARIOS	%mo		5.0000	656.20	32.81
						2,632.96

Partida	01.05.01	Ingeniero Ambiental				
Rendimiento	mes/DIA	EQ.	Costo unitario directo por : mes		2,739.00	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010017	INGENIERO AMBIENTAL	mes		1.0000	2,739.00	2,739.00
						2,739.00

Partida	01.05.02	Ingeniero Forestal				
Rendimiento	mes/DIA	EQ.	Costo unitario directo por : mes		2,465.00	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010018	INGENIERO FORESTAL	mes		1.0000	2,465.00	2,465.00
						2,465.00

Partida	01.05.03	Ingeniero Seguridad				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : mes	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010015	INGENIERO DE SEGURIDAD	mes		1.0000	2,465.00	2,465.00
						2,465.00

Partida	01.05.04	Administrador de obra				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : mes	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103020006	ADMINISTRADOR DE OBRA	mes		1.0000	1,200.00	1,200.00
						1,200.00

Partida	01.05.05		Relacionista comunitario				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	to unitario directo por : mes		1,400.00	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103030017	RELACIONISTA COMUNITARIOS		mes		1.0000	1,400.00	1,400.00
							1,400.00
Partida	01.05.06		Prevencionista				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	to unitario directo por : mes		1,041.10	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0101010007	PREVENCIONISTA		hh	0.1000	1.0000	1,041.10	1,041.10
							1,041.10
Partida	01.05.07		Almacenero				
Rendimiento	mes/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	to unitario directo por : mes		958.90	
Código	Descripción Recurso Mano de Obra		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio U\$	Parcial U\$
0103010016	ALMACENERO ALMACENERO		mes		1.0000	958.90	958.90
							958.90