



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**Perfeccionamiento del mantenimiento predictivo del  
sistema electrónico de control de despacho de  
combustibles y sistemas de aditivación en empresa de  
hidrocarburos, Lurín, el año 2022**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

**AUTOR**

Jimmy QUINCHO TORRES

**ASESOR**

Mg. Juan Antonio APESTEGUIA INFANTES

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Quincho, J. (2023). *Implementación de un sistema de control para reducir los riesgos ergonómicos en el personal del área de desarmado de motores de una empresa de maquinaria pesada*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## Metadatos complementarios

<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	Jimmy Quincho Torres
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43187489
URL de ORCID	No Aplica
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	Juan Antonio Apestequia Infante
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10423762
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-2545-0764">https://orcid.org/0000-0003-2545-0764</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	Jorge Elias Moscoso Sanches
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07206008
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	Oscar Armando Casimiro Pariasca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06592392
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	Nicanor Raúl Benites Saravia
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10189914
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	C.04.10. Sistemas de Control
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Planta de Abastecimiento de Combustibles Conchán de Petróleos del Perú S.A. - Antigua Panamericana Sur KM 26.5 País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lurín Latitud: -12.252750657261501 Longitud: -76.92579224615059
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero de 2022 – Diciembre de 2022
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</a> Sistemas de automatización, Sistemas de Control <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03</a> Ingeniería del Petróleo, Energía, Combustibles <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.03</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA  
Teléfono 619-7000 Anexo 4226  
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 087/FIEE-CTGT/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, docentes permanentes de las Escuelas Profesionales de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha 16 de noviembre del 2023, como Presidente de Jurado el **MG. JORGE ELIAS MOSCOSO SANCHES**, integrado por el Miembro de Jurado el **ING. OSCAR ARMANDO CASIMIRO PARIASCA**, Miembro de Jurado **DR. NICANOR RAÚL BENITES** y Miembro Asesor el **MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. JIMMY QUINCHO TORRES** con código Nº **04190146** que para optar el Título Profesional de Ingeniero de Electrónico sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **“PERFECCIONAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES Y SISTEMAS DE ADITIVACIÓN EN EMPRESA DE HIDROCARBUROS, LURIN, EL AÑO 2022”**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de *15 (Quince)*.

Ciudad Universitaria, 16 de noviembre del 2023

MG. JORGE ELIAS MOSCOSO SANCHES

Presidente de Jurado

ING. OSCAR ARMANDO CASIMIRO PARIASCA

Miembro Jurado

DR. NICANOR RAÚL BENITES

Miembro de Jurado

MG. JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES

Miembro Asesor



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado



### CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo JUAN ANTONIO APESTEGUIA INFANTES en mi condición de asesor acreditado con el Acta de Sustentación de trabajo de Suficiencia Profesional N°087/FIEE-CTGT/2023 del trabajo de suficiencia profesional cuyo título es: Perfeccionamiento Del Mantenimiento Predictivo Del Sistema Electrónico De Control De Despacho De Combustibles Y Sistemas De Aditivación En Empresa De Hidrocarburos, Lurin, El Año 2022, presentado por el bachiller Jimmy Quincho Torres para optar al título profesional de Ingeniero de Electrónico. CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 20% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio institucional. Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor

DNI: 10423762

Nombres y apellidos del asesor:

Mg. Juan Antonio Apesteagua Infantes



## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Gregorio y Adalberto por todo el esfuerzo, sacrificio y apoyo en mi desarrollo profesional.

A mi querida esposa Edith e hijos Sebastián, Santiago y Bruno por ser mi inspiración y energía para cada día ser mejor persona y profesional.



## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, esposa e hijos por apoyarme en la realización del presente trabajo.

A mi asesor MSc. Ing. Juan Antonio Apesteguía Infantes por sus consejos y apoyo profesional en el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional.

A la empresa AGL Ingenieros por su apoyo técnico y experiencia en la realización del presente informe.

## RESUMEN

El presente trabajo TSP titulado “Perfeccionamiento del mantenimiento predictivo del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en empresa de hidrocarburos, Lurín, el año 2022” se centra en diseñar un plan de mantenimiento predictivo para mejorar la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en la empresa de hidrocarburos de Lurín durante el año 2022.

El estudio se inicia con una evaluación y diagnóstico del estado actual del sistema de mantenimiento de la planta, identificando los equipos críticos. Se recopilan datos históricos de mantenimiento, registros de tiempos de parada.

A continuación, se lleva a cabo una revisión de la literatura sobre técnicas y tecnologías de mantenimiento predictivo aplicadas en la industria de hidrocarburos.

Se propone un plan de mantenimiento predictivo adaptado a las necesidades específicas de la planta de hidrocarburos. Se define una estrategia de monitoreo, selección de tecnologías de monitoreo, frecuencia de inspecciones.

El trabajo fue desarrollado en el año 2022 y esta propuesto para su ejecución en 2023.

**Palabras clave:** Equipos críticos, mantenimiento predictivo, eficiencia, disponibilidad, sistema electrónico

## ABSTRACT

The present TSP work entitled "Improving the predictive maintenance of the electronic fuel dispatch control system and additivation systems in a hydrocarbon company, Lurín, in the year 2022" focuses on designing a predictive maintenance plan to improve the efficiency of the electronic system fuel dispatch control and additivation systems at the Lurín hydrocarbons company during the year 2022.

The study begins with an evaluation and diagnosis of the current state of the plant's maintenance system, identifying critical equipment. Historical maintenance data, and downtime are collected.

Next, a review of the literature on predictive maintenance techniques and technologies applied in the hydrocarbon industry is carried out.

A predictive maintenance plan adapted to the specific needs of the hydrocarbon plant is proposed. A monitoring strategy is defined, selection of monitoring technologies, frequency of inspections.

The work was developed in 2022 and is proposed for execution in 2023.

**Keywords:** Critical equipment, predictive maintenance, efficiency, availability, electronic system

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
TABLA DE CONTENIDO .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABLAS .....	ix
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD.....	3
2.1 Institución – Actividad que desarrolla .....	3
2.2 Periodo de duración de la actividad.....	3
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad.....	3
2.3.1 <i>Finalidad de la entidad</i> .....	3
2.3.2 <i>Objetivos de la entidad</i> .....	4
2.4 Razón social .....	4
2.5 Dirección postal .....	4
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo. ....	4
CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD .....	5
3.1 Organización de la actividad.....	5
3.2 Finalidad .....	5
3.3 Objetivos.....	6
3.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	6
3.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	6
3.4 Problemática.....	6
3.4.1 <i>Problema General</i> .....	7
3.4.2 <i>Problemas Específicos</i> .....	7
3.4.3 <i>Justificación e importancia de la investigación</i> .....	8
3.5 Metodología.....	9
3.5.2 <i>Marco conceptual</i> .....	13
3.6 Procedimiento.....	31

3.6.1 Etapas del diseño del plan de mantenimiento predictivo .....	31
3.7 Resultado de la actividad.....	36
CAPITULO IV: CONCLUSIONES .....	43
4.1 Justificación .....	43
4.1.1 Evaluación económica.....	43
4.3 Conclusiones .....	46
CAPITULO V: RECOMENDACIONES.....	48
CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....	49
CAPITULO VII: ANEXOS.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de la industria del petróleo.....	14
Figura 2: Planta de abastecimiento de combustibles .....	15
Figura 3: Sistema electrónico de despacho de combustible .....	18
Figura 4: Controlador electrónico de despacho.....	19
Figura 5: Medidor de flujo de desplazamiento positivo Prime 4 .....	21
Figura 6: Válvula de control de flujo .....	22
Figura 7: Termorresistencia RTD .....	23
Figura 8: Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra.....	24
Figura 9: Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado.....	25
Figura 10: Sistema de control de aditivación de combustibles.....	26
Figura 11: Tiempos de parada de equipos del sistema electrónico de despacho .....	37
Figura 12: Tiempo de parada de equipos del sistema electrónico de seguridad .....	38
Figura 13: Tiempo de parada de equipos del sistema de aditivación.....	38
Figura 14: Disponibilidad del Sistema electrónico de Despacho (por equipo) ..	40
Figura 15: Disponibilidad del sistema electrónico de seguridad (Por equipo) ...	41
Figura 16: Disponibilidad del sistema electrónico de aditivación (Por equipo) ..	41
Figura 17: Disponibilidad del sistema electrónico de aditivación (Por sistema) ..	42
Figura 18: Comparación de los costos de mantenimiento .....	46

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Porcentaje de mezcla de los gasoholes	17
Tabla 2: Porcentaje de mezcla del diésel	17
Tabla 3: Características de controlador electrónico de carga	20
Tabla 4: Características de medidor de desplazamiento positivo	21
Tabla 5: Características de válvula de control de llenado	23
Tabla 6: Características de sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	24
Tabla 7: Características de sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	25
Tabla 8: Características de sistema de aditivación Mini-Pak	26
Tabla 9: Criterio de clasificación de criticidad	30
Tabla 10: Criterios evaluados y puntajes	32
Tabla 11: Matriz de criticidad	33
Tabla 12: Resultados de análisis de criticidad	33
Tabla 13: Tiempo de parada de equipos y sistemas antes de Plan de mantenimiento Predictivo	34
Tabla 14: Disponibilidad de equipos y sistemas antes de Plan de Mantenimiento Predictivo	35
Tabla 15: Plan de Mantenimiento Predictivo	35
Tabla 16: Tiempos de parada proyectados con el Plan de Mantenimiento Predictivo	37
Tabla 17: Disponibilidad proyectada de equipos y sistemas con el plan de Mantenimiento Predictivo	39
Tabla 18: Disponibilidad encontrada versus disponibilidad proyectada de equipos y sistemas con el Plan de Mantenimiento Predictivo	40
Tabla 19: Costo del mantenimiento preventivo de sistemas electrónicos de despacho de combustibles y sistemas de aditivación	44

Tabla 20: Costo de mantenimiento predictivo de sistemas electrónicos de despacho de combustibles y sistemas de aditivación	45
Tabla 21: Comparación de costos de mantenimiento preventivo con el mantenimiento predictivo	46



## **CAPITULO I: INTRODUCCIÓN**

La industria de hidrocarburos actualmente desempeña un papel primordial en el suministro de energía a nivel mundial. Las plantas de procesamiento, refinación y venta de hidrocarburos operan en un entorno altamente exigente, donde la confiabilidad y de los equipos son factores críticos para garantizar operaciones seguras y eficientes. El mantenimiento de los equipos en estas instalaciones es una tarea compleja que requiere enfoques estratégicos para prevenir fallos y minimizar los tiempos de inactividad no planificados.

En este contexto, el mantenimiento predictivo se ha establecido como una estrategia efectiva para gestionar los activos de manera proactiva y evitar averías inesperadas. A través del monitoreo continuo de los equipos y la aplicación de técnicas y tecnologías avanzadas, el mantenimiento predictivo busca predecir y prevenir fallos antes de que ocurran, permitiendo intervenciones planificadas y optimizando los recursos disponibles.

El objetivo de este trabajo de suficiencia profesional TSP es investigar y proponer la implementación de un sistema de mantenimiento predictivo del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en la empresa de hidrocarburos con el fin de mejorar la eficiencia la disponibilidad de los equipos críticos. Se aprovechan los avances tecnológicos y las mejores prácticas en el campo del mantenimiento predictivo para optimizar las operaciones y maximizar la eficiencia de la planta.

Finalmente, este TSP pretende contribuir al conocimiento existente en el campo del mantenimiento predictivo en la industria de hidrocarburos, al proporcionar una guía práctica y recomendaciones para la implementación

exitosa de un sistema de mantenimiento predictivo en una planta de venta de hidrocarburos específica.

## **CAPITULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD**

### **2.1 Institución – Actividad que desarrolla**

La actividad se desarrolló en la Planta de Abastecimiento Conchán de Petróleos del Perú S.A. por la compañía AGL Ingenieros SAC

### **2.2 Periodo de duración de la actividad.**

El trabajo fue desarrollado en el periodo de un año.  
Desde setiembre de 2021 hasta setiembre de 2022.

### **2.3 Finalidad y objetivos de la entidad**

#### ***2.3.1 Finalidad de la entidad***

AGL Ingenieros SAC tiene por finalidad brindar servicios especializados de Inspección, programación, configuración, calibración, diagnóstico de fallas, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, suministro de repuestos de sistemas de control de procesos industriales, sistemas de despacho y/o aditivación de combustibles, equipos

electrónicos, sistemas eléctricos industriales, sistemas mecánicos e instalaciones del sector hidrocarburos e industrial.

### **2.3.2 Objetivos de la entidad**

AGL Ingenieros SAC tiene el objetivo de brindar servicios y soluciones especializadas, eficientes y de calidad a todos sus clientes industriales y domésticos.

## **2.4 Razón social**

AGL Ingenieros S.A.C.

RUC: 20601493030

## **2.5 Dirección postal**

La dirección fiscal de AGL Ingenieros S.A.C. es AV. Antigua Panamericana sur KM. 32 lote 5 departamento 305 APV. SANTA ROSA (Ex. Fundo Santa Rosa) Lima - Lima – Lurín

## **2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.**

Ingeniero a cargo: Ing. Jonathan Hugo Porras Manrique

E-mail: [jyeporras@gmail.com](mailto:jyeporras@gmail.com)

## **CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

### **3.1 Organización de la actividad**

Para cumplir con los objetivos del presente proyecto, las actividades fueron organizadas de la siguiente manera:

- Coordinación con cliente para presentar toda la documentación y requerimientos necesarios para iniciar las actividades en Planta.
- Levantamiento de información en Planta.
- Mantenimiento predictivo de sistema electrónico de control de despacho de combustibles
- Mantenimiento predictivo de sistema electrónico de control de aditivación de una planta de abastecimiento de hidrocarburos líquidos.
- Mantenimiento predictivo un sistema electrónico de quemado de vapores de hidrocarburos.
- Presentación de informes técnicos con observaciones encontradas, conclusiones y recomendaciones emitidas.

### **3.2 Finalidad**

Realizar el Plan de mantenimiento de tipo predictivo en los sistemas electrónicos de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de una Planta de Abastecimiento de hidrocarburos líquidos para

detectar errores de operación, anomalías para que se puedan solucionar antes que ocurra un fallo imprevisto dichos sistemas.

### **3.3 Objetivos**

#### ***3.3.1 Objetivo General***

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento predictivo para mejorar la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en la empresa de hidrocarburos de Lurín durante el año 2022.

#### ***3.3.2 Objetivos Específicos***

- Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en el tiempo de parada no planificado del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación.
- Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en la disponibilidad del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación.
- Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en el costo de mantenimiento del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación.

### **3.4 Problemática**

El área de la Planta de Abastecimiento de combustibles presenta problemas en los equipos de su sistema electrónico de control de despacho de

combustibles y sistemas de aditivación. A pesar de contar con un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo, aun se presentan fallas y tiempos de parada no planificados que afectan la eficiencia de la planta y ocasionan pérdidas económicas significativas. Asimismo, un mal funcionamiento podría acarrear en un derrame de hidrocarburos al medio ambiente la cual causaría contaminación ambiental, también se podría dar un incendio de gran magnitud que causaría pérdidas materiales o humanas.

En vista de esta problemática, se plantea la necesidad de implementar un sistema de mantenimiento predictivo en la planta de la empresa de hidrocarburos. Este enfoque permitirá detectar patrones de fallas tempranas, prevenir fallos catastróficos, optimizar los recursos de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los equipos críticos. El trabajo de suficiencia profesional TSP se enfocará en desarrollar y evaluar la efectividad de dicho sistema de mantenimiento predictivo, adaptándolo a las necesidades y características de la planta de hidrocarburos involucrada.

### **3.4.1 Problema General**

*¿Cómo influye el mantenimiento predictivo en la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos ubicada en Lurín?*

### **3.4.2 Problemas Específicos**

- *¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en el tiempo de parada no planificado del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?*

- *¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en la disponibilidad del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?*
- *¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en el costo de mantenimiento del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?*

### **3.4.3 Justificación e importancia de la investigación**

#### ***A) Justificación práctica***

El mantenimiento predictivo permitirá anticipar fallos en los sistemas electrónicos de control de despachos de combustibles y en los sistemas de aditivación en Plantas de Abastecimiento de hidrocarburos líquidos

Para evitar paradas imprevistas que puedan ocasionar pérdidas económicas a la Planta.

#### ***B) Justificación legal***

Existe reglamentación del sub-sector hidrocarburos tanto para la comercialización, así como para el almacenamiento, donde se dan las directivas para mantener los equipos de medición en buenas condiciones operativas.

#### ***C) Justificación técnicas***

Los instrumentos de medición y componentes de los sistemas electrónicos de control presentan desgaste, pérdida de exactitud y pueden presentar fallas, por lo que se requieren trabajos de mantenimiento predictivo periódico, calibración, mantenimiento preventivo y correctivo.



#### ***D) Justificación económica***

Los sistemas electrónicos de control de despacho y aditivación en plantas de abastecimiento del sector hidrocarburos son los activos que permiten obtener las utilidades de dichas plantas, por lo que asegurar su operatividad es de suma importancia económica.

### **3.5 Metodología**

#### ***3.5.1 Bases teóricas***

##### **3.5.1.1 Internacionales**

a) Loya elaboró una tesis titulada “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA EL ÁREA DE ABASTECIMIENTO CORTE TÉRMICO DE LA EMPRESA SEDEMI, con la finalidad de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de la maquinaria crítica en el área de abastecimiento corte térmico de dicha empresa”. (Loya, 2020), pudo obtener las siguientes conclusiones:

- “Mediante un análisis de criticidad se identificaron los equipos críticos del área de abastecimiento corte térmico siendo los de corte térmico por sistema de plasma, mesa de corte Koikc 310, procesadora de placas Kf2512, mesa de corte Tecoi 4500 y tres importantes como la sierra de sierra de Birlik ALF 460” (Loya, 2020).
- “De acuerdo con el manual del equipo Hyperformance Plasma HPR 260XD se encontraron los componentes críticos del sistema de plasma”
- “El grupo de componentes identificados como principales presentan un tipo de fallo funcional el cual debe evitarse que se presente y su magnitud a analizar con la técnica predictiva es la temperatura”
- “Se obtuvieron mejoras en los indicadores de fallas en maquinarias, tiempo de reparación, MTBF, MTTR y disponibilidad”

- “El plan de mantenimiento predictivo está basado en información del sistema de plasma, tales como componentes principales, tipo de fallo, magnitud presente y técnica a aplicar. La frecuencia de realización de la termografía es de 3 meses y está basado en información del manual técnico Hyperformance HPR 260XD”

**b)** Cherres y Ñauta elaboraron una tesis titulada “ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LA COMPAÑÍA ECUATORIANA DEL CAUCHO ERCO, con el objetivo de realizar un estudio y la propuesta de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a la empresa ERCO”. (Cherres y Ñauta,2015), obtuvieron las siguientes conclusiones:

- “Se cumplió con el objetivo general de realizar el estudio y la propuesta de un plan de mantenimiento predictivo aplicado a ERCO, utilizando las herramientas fundamentales como termografía y el análisis vibracional y de aceites con lo que se reducirá el mantenimiento correctivo”.
- “El plan de mantenimiento predictivo se basó en datos estadísticos que se obtuvieron del sistema integrado de manufactura de ERCO. Asimismo, el cronograma desarrollado considera las maquinarias críticas para dicha empresa”.
- “Se cumplió el objetivo de analizar el costo beneficio de la aplicación del mantenimiento predictivo en la maquinaria de ERCO. Logrando obtener una perspectiva del rendimiento que ofrece el uso de las técnicas predictivas con relación al mantenimiento programado y correctivo”.

**c)** Diaz elaboró su tesis titulada “ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO PARA LA EMPRESA PROBALS S.A. DEL CANÓN DEL CARMEN, AÑO 2014, con el objetivo de elaborar e implementar un plan de mantenimiento predictivo y preventivo para la empresa PROBALS”. (Diaz, 2015) obtuvo las siguientes conclusiones:

- “Se determino, mediante la realización de encuestas al personal operativo de la empresa PROBALSА, con un 82.05% que no se cuenta con diagnostico para determinar las condiciones de las maquinarias y equipos, lo que causa dificultad para obtener un alto rendimiento de la producción”.
- “Se determinó que la empresa PROBALSА cuenta con varios tipos de máquinas y equipos, en total 124 en todas las áreas y se realizó su enumeración e inventario”.
- “Se elaboraron y establecieron formatos, fichas, parámetros y herramientas para realizar los trabajos de acuerdo con el cronograma en el área de mantenimiento a los equipos y máquinas para mejorar la actividad productiva de la empresa”.
- “Se desarrolló y se implementó el plan de mantenimiento predictivo y preventivo en la empresa PROBALSА, por el cual se reflejan cambios positivos en cada área y que ayudan a reducir tiempos y costos en mantenimiento de las máquinas y equipos”.

### **3.5.1.2 Nacionales**

a) García elaboro su tesis titulada “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN UNA EMPRESA CEMENTERA EN EL SUR DEL PERÚ, 2013, con la finalidad de mejorar la gestión del mantenimiento de una empresa cementera, mediante la implementación del mantenimiento predictivo”. (García, 2013) obtuvo las siguientes conclusiones:

- “Se analizó 14 equipos crítico del área de procesos, se propone mejorar la gestión de mantenimiento con la implementación del mantenimiento predictivo, para lo cual se invertirá S/ 218,243.00 con una estimación de ahorro mensual de S/ 1, 556,924.10”.
- “Se evaluó la gestión actual del mantenimiento de los 14 equipos principales, donde se efectúa mantenimiento correctivo-preventivo, donde se recopiló que hay un buen tiempo de respuesta y un buen equipo de

trabajo, pero el área tiene poca confiabilidad, asimismo, los trabajadores no se encuentran de acuerdo con el tipo de mantenimiento efectuado”.

- “De la evaluación efectuada se obtuvieron un conjunto de problemas como por ejemplo:

- ✓ El 60% de los problemas surgen de una deficiente gestión y confiabilidad del área, así como, de los costos que reflejan que el tipo de mantenimiento no es el adecuado.
- ✓ Más del 50% de los problemas en el área se debe a la confiabilidad, a la estructura del área que se encuentra mal enfocada.
- ✓ Existe una deficiente planificación en el área de mantenimiento.
- ✓ Luego del análisis del costo de la implementación del mantenimiento predictivo se obtiene un costo total de S/ 2181243.00 con un ahorro mensual de S/ 1, 556,924.10”.

**b)** Santiago elaboro su tesis titulada “IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE MAQUINAS AUTOMÁTICAS DE LA EMPRESA TECNOPRESS SAC, 2017 ATE-LIMA, con la finalidad de incrementar la productividad en el área de máquinas de la empresa Tecnopress”. (Santiago, 2017) obtuvo las siguientes conclusiones:

- “En la implementación del mantenimiento predictivo se logró incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress Cantol en un 95%, que nos da como resultado de un incremento de 30%”.
- “Se demostró que con la implementación del mantenimiento predictivo se incrementó la eficiencia en las máquinas automáticas de la empresa Tecnopress Ate, en un 98% que nos da un incremento de 14%”.
- “Se demostró que con la implantación del mantenimiento predictivo se incrementó la eficacia en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress - Cantol, Ate, dando un incremento de 97% que nos da un incremento de 15%”.

c) Imán elaboro su tesis titulada “PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA REDUCIR FALLAS DE EQUIPOS CRÍTICOS EN REFRIGERADOS FISHOG&HIJOS SAC PAITA 2021, con el objetivo de reducir la tasa de fallos en los equipos críticos de la empresa Refrigerados Fishog&Hijos SAC”. (Imán, 2021) obtuvo las siguientes conclusiones:

- “Mediante el análisis de criticidad se ha elegido los equipos críticos de la empresa Fishog&Hijos SAC”.
- “Luego del análisis de criticidad los equipos críticos son: Los túneles de congelamiento 1, 2,3 y 4; los equipos de los congeladores 1,2 y 3; Las peladoras de papa 1, 2, 3, 4, 5 y6; la termoformadora envasadora Multivac; montacargas y apiladores eléctricos”.
- “Mediante la propuesta de mantenimiento predictivo se concluye que las diversas técnicas de este tipo de mantenimiento permiten reducir la tasa de fallos mecánicos de los equipos críticos”.
- “Se logró desarrollar un cronograma de capacitación de los técnicos y reducir las fallas por mala manipulación”.
- “Se concluye que la propuesta de mantenimiento predictivo podría aumentar la disponibilidad de los equipos y el tiempo medio entre fallas de estos.

### **3.5.2 Marco conceptual**

**3.5.2.1 Sector Hidrocarburos.** Dentro del sector energético peruano, el subsector hidrocarburos juega un papel muy importante en el desarrollo del país, ya que los productos derivados del petróleo otorgan la energía al parque automotor, industrial y doméstico.

A continuación, se hará una breve descripción de las etapas de la cadena productiva de la industria del petróleo.

**3.5.2.2 Principales Etapas de la Industria del Petróleo.** La industria del petróleo o hidrocarburos se desarrolla en tres fases o etapas

principales: Upstream, Midstream y Downstream. La primera etapa incluye la actividad de exploración y explotación. La segunda etapa es la actividad del transporte y la tercera, incluye las actividades de refinación, almacenamiento, despacho y comercialización mayorista y minorista.

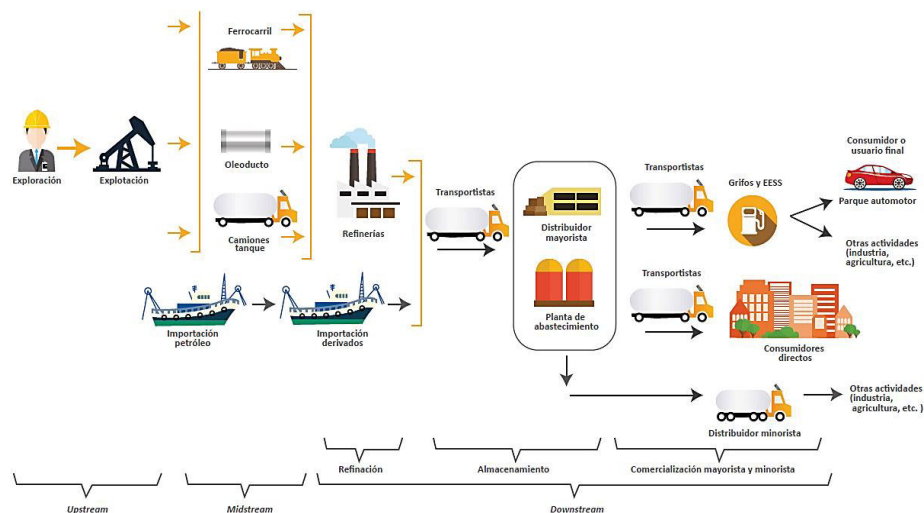


Figura 1: Etapas de la industria del petróleo.

Fuente: OSINERGMIN

**3.5.2.3 Principales Organismos del Sector Hidrocarburos.** Los principales organismos del sector hidrocarburos son los siguientes:

#### A) Ministerio de Energía y Minas – MINEM

Es el ministerio encargado del sector Energía y Minas, el cual promueve el desarrollo general de las actividades mineras y energéticas. Asimismo, formula y evalúa las políticas de las actividades de minería y energía en concordancia con el desarrollo sostenible y el medio ambiente.

## **B) Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería - OSINERGMIN**

Es un organismo público que supervisa y regula a las empresas del sector energético (Hidrocarburos y Electricidad) y Minero. Asimismo, regula las tarifas de la electricidad y del transporte de gas natural o de hidrocarburos líquidos.

**3.5.2.4 Planta de Abastecimiento de Combustibles.** El Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y otros productos derivados de los Hidrocarburos (Aprobado con el DECRETO SUPREMO N° 045-2001-EM), define a la planta de abastecimiento como: “Instalación en un bien inmueble donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos”.

Los productos derivados del petróleo, obtenidos del proceso de refinación, son distribuidos a las Plantas de abastecimiento, donde se entregan los productos a los distribuidores mayoristas y minoristas, los cuales derivaran los productos a las estaciones de venta al público.



*Figura 2:* Planta de abastecimiento de combustibles

Fuente: Petroperú.com.pe

**3.5.2.5 Despacho de Combustibles.** El despacho de combustibles es la principal operación que se realiza en las plantas de abastecimiento de combustible. En esta operación se entrega a los clientes el tipo y cantidad de combustible requerido (diésel, gasohol, etc.), con el tipo de aditivo solicitado.

El despacho de combustibles es realizado en zonas llamadas “Bahías o Islas de Despacho”, en la cual los camiones tanque (cisternas) ingresan, se estacionan para que le despachen los combustibles y volúmenes requeridos.

La planta de abastecimiento de combustibles del presente informe cuenta con siete bahías o islas para el despacho de los distintos combustibles líquidos.

**3.5.2.6 Principales combustibles líquidos despachados.** En nuestro país los principales combustibles líquidos empleados son el gasohol de 84, 90, 95 ó 97 octanos. Asimismo, el diésel B5 y diésel B5 S-50. Dichos combustibles son empleados para consumo del parque automotor peruano.

#### **A) Gasohol**

El gasohol es el combustible que se obtiene de mezclar gasolina de 84, 90,95 ó 97 octanos con alcohol con alcohol carburante. En el Perú la proporción empleada es de 92.2% del volumen de gasolina y un 7.8% del volumen de alcohol carburante.



**Tabla 1:** Porcentaje de la mezcla de los gasoholes

Producto	Porcentaje en volumen
Gasolina (84, 90, 95 y 97)	92.20%
Alcohol carburante	7.80%
<b>Gasohol (84, 90, 95 y 97)</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**B) Diésel**

En el mercado peruano de combustibles existen actualmente dos tipos de diésel, el diésel B5 y el diésel B5 S-50.

- Diesel B5: Este combustible está conformado por 95% en volumen de diésel N° 2 y 5% en volumen de biodiesel B100.
- Diesel B5 S-50: Este combustible está conformado por 95% en volumen de diésel N° 2 S-50 y 5% en volumen de biodiésel B100.

**Tabla 2:** Porcentaje de la mezcla del diésel

Producto	Porcentaje en volumen
Diesel 2 ó diesel 2 S-50	95.00%
Biodiesel B100	5.00%
<b>Diesel B5 ó diesel B5 S-50</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**3.5.2.7 Aditivación de Combustibles.** La aditivación de combustibles o inyección de aditivos es un proceso muy importante en el despacho de combustibles, ya que permite agregarles los aditivos correspondientes a los combustibles y diferenciarlos.

**Aditivos:** Son sustancias multifuncionales que se agregan a los combustibles, tanto a los gasoholes como al diésel. Los aditivos tienen propiedades de cuidar el motor, lo inhibe de la corrosión y mejoran su eficiencia.

**3.5.2.8 Descripción de sistemas y equipos de la Planta de Abastecimiento de Combustibles.** Para que se desarrollen las operaciones de despacho e inyección de aditivos las plantas de abastecimiento cuentan zonas denominadas “Bahías o islas de despacho”, las cuales están equipadas con los siguientes sistemas y elementos:

- Sistemas electrónicos de despacho de combustibles
- Sistemas electrónicos de seguridad
- Sistema de aditivación
- Equipos y accesorios mecánicos

**3.5.2.8.1 Sistemas electrónicos de despacho de combustibles.** Es aquel sistema electrónico que permite controlar, medir y ejecutar satisfactoriamente el proceso de despacho de combustibles, de inicio a fin, hacia los camiones cisterna.

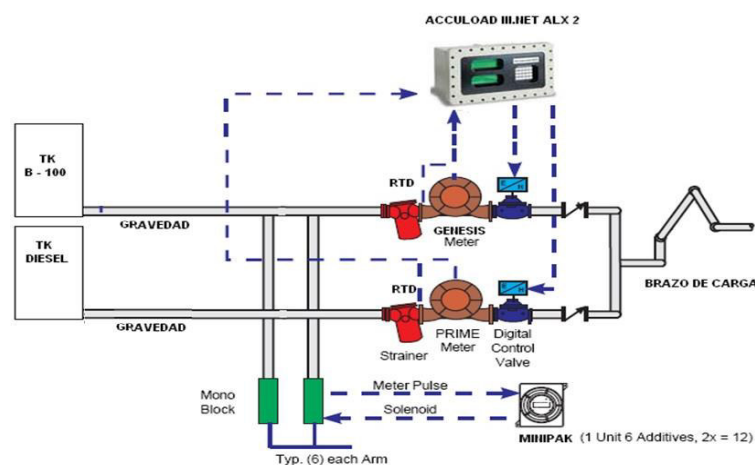


Figura 3: Sistema electrónico de despacho de combustible

Fuente: <http://info.smithmeter.com/>

Dicho sistema está conformado principalmente por los siguientes componentes:

- Controlador electrónico de carga
- Medidor de flujo de desplazamiento positivo
- Válvula de control de flujo y llenado
- Termorresistencia RTD

### A) Controlador electrónico de carga

Es el equipo principal en el lazo de control ya que controla el inicio y término del despacho, permite digitar los volúmenes de combustibles a despachar, asimismo recibe los pulsos del medidor de desplazamiento positivo.



Figura 4: Controlador electrónico de despacho

Fuente: [www.wolfgangindustrial.com](http://www.wolfgangindustrial.com)

El controlador electrónico de carga utilizado en la planta de abastecimiento del presente trabajo es el modelo Smith Meter AccuLoad III, el cual es un controlador que emplea la tecnología de múltiples procesadores. Asimismo, dicho controlador puede manejar hasta seis brazos de carga simultáneamente, los cuales pueden ser configurados para realizar mezclas secuenciales o concurrentes en diferentes porcentajes de volumen. Su capacidad le permite trabajar

hasta con 50 recetas diferentes. Además, puede trabajar como controlador maestro sobre otros controladores electrónicos, como los del sistema de aditivación. En la tabla 3 se muestran sus características técnicas.

**Tabla 3:** Características de controlador electrónico de carga

Características de controlador Smith Meter AccuLoad III	
Tecnología:	Electrónica con múltiples microprocesadores
Capacidad de entradas de pulsos:	Hasta seis entradas de pulsos simples o duales.
Número de productos para mezcla secuencial o de razón:	Seis productos.
Número de entradas de medición de aditivos:	24 entradas
Entradas digitales:	23 (9 AC y 14 DC)
Salidas digitales:	38 (27 AC y 11 DC)
Entradas/salidas analógicas:	7
Capacidad de almacenamiento de recetas de despacho:	50 recetas
Número de puertos de comunicación:	4 puertos de comunicación, más un puerto Ethernet
Protocolos:	Smith Meter ASCII LRC, Smith Meter ASCII CR, Smith Meter ASCII binary, Modicon Modbus (PIMBUS-300 Rev. D). Smith and Modbus protocol over TCP/IP.
Teclado:	Metálico encapsulado, una pieza, sellado, sin partes móviles, diseño piezoeléctrico. Protegido contra el medio ambiente.
Pantallas	Dos pantallas de cristal líquido de 240x64 píxeles con retroiluminación LED
Alimentación:	100 a 240 VAC, 58W máximo, 48 a 63 Hz

Fuente: Elaboración propia

## B) Medidor de flujo de desplazamiento positivo

Es el encargado de medir el flujo y al mismo tiempo permite contabilizar el volumen del combustible despachado. El tipo de

medidor más empleado en la medición de hidrocarburos líquidos es el de desplazamiento positivo de paletas deslizantes.

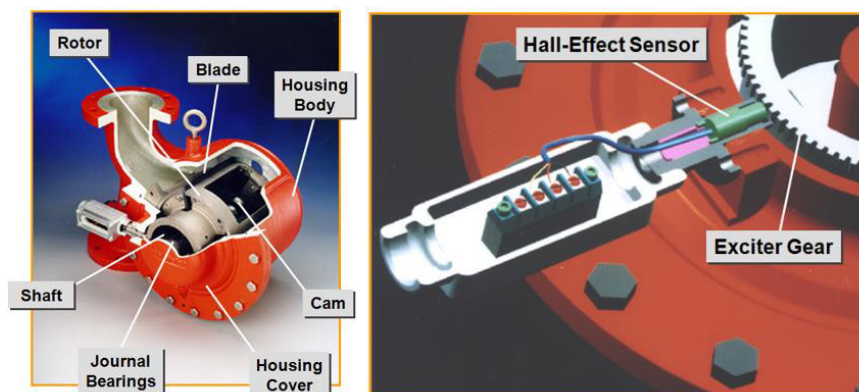


Figura 5: Medidor de flujo de desplazamiento positivo Prime 4

Fuente: [www.TechnipFMC.com](http://www.TechnipFMC.com)

**Tabla 4:** Características de medidor de desplazamiento positivo

Características de medidor de desplazamiento positivo Smith Meter PRIME 4	
Rango de flujo normal:	75 GPM a 750 GPM
Rango extendido:	45 GPM a 900 GPM
Viscosidad máxima:	100mPa.s
Rango de temperatura:	-12°C a 93°C (sellos de Viton)
Máxima presión de trabajo:	285psig
Conexiones:	4 pulgadas
Repetibilidad	Menor o igual a $\pm 0.02\%$
Linealidad	$\pm 0.15\%$ sobre el rango de flujo normal
Estabilidad:	Mejor que $\pm 0.05\%$ por 10 millones de galones

Fuente: Elaboración propia

El medidor empleado en la planta de abastecimiento del presente trabajo es el modelo Smith Meter Prime 4, el cual está conformado por una carcasa ensamblada con precisión milimétrica, en su interior cuenta con un eje con leva que permite a las paletas desplazarse

cuando el fluido pasa a través del medidor, las paletas al desplazarse hacen girar el rotor, el cual cuenta con un engranaje y un sensor que envía un tren de pulsos cada vez que pasan los dientes al girar. El tren de pulsos que se obtienen como resultado de la medición de flujo, son enviados al controlador de despacho, el cual registra el flujo y volumen.

### C) Válvulas de control de flujo y llenado

Es el elemento final de control del sistema electrónico de despacho de combustibles, permitiendo el control del flujo de combustible durante el llenado de combustibles a los camiones cisterna.

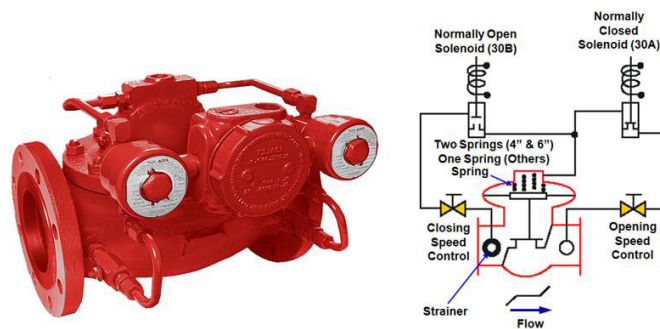


Figura 6: Válvula de control de flujo

Fuente: [www.TechnipFMC.com](http://www.TechnipFMC.com)

La válvula de control de flujo empleada en la planta del presente trabajo es la válvula digital electrohidráulica modelo Smith Meter 210. Este tipo de válvulas posee dos controles de flujo (apertura y cierre) que son las válvulas solenoides: Normalmente abierto (N.O.) y Normalmente Cerrado (N.C.) quienes son directamente controladas por el controlador electrónico de despacho (AccuLoad).

**Tabla 5:** Características de válvula de control de flujo y llenado

<b>Características de válvula de control Smith Meter 210</b>	
Viscosidad máxima:	Hasta 40mPa.s
Rango de temperatura:	-28°C a 177°C (Sellos de Vitón)
Voltaje de solenoides:	240 Vac/60 Hz
Conexiones:	2 pulgadas y 4 pulgadas
Presión de conexiones:	285 psig

Fuente: Elaboración propia

#### **D) Termorresistencias (RTD)**

Es el sensor empleado para sensar la temperatura de las tuberías y/o equipos de despacho, en estos tipos de sensores la resistencia varía de acuerdo a la variación de la temperatura. El principal tipo de RTDs empleado es el de Pt-100.



*Figura 7:* Termorresistencia RTD

Fuente: <http://info.smithmeter.com>

**3.5.2.8.2 Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra.** Es el sistema electrónico de seguridad encargado de verificar la conexión de puesta a tierra entre los camiones cisterna y las islas de despacho. De presentarse una pérdida de puesta a

tierra el sistema bloquea automáticamente el flujo de combustible en toda la isla de despacho.

En la presente planta de abastecimiento el sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra es el modelo ST-47C de la marca Scully.



Figura 8: Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra

Fuente: <https://scully.com/>

**Tabla 6:** Características de sistema automático de corte por pérdida de puesta a tierra

Características de sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra ST-47C	
Cantidad de compartimientos:	De 1 a 12
Rango de temperatura:	-40° a +140° F (-40° a +60° C)
Tiempo de respuesta:	0.5 segundos máximo
Alimentación eléctrica:	200–250 VCA, 50/60 Hz, 20 W máx.
Aprobaciones:	A prueba de explosión con salidas de conexión a tierra intrínsecamente seguras. Clasificado para ubicaciones peligrosas Clase I, División 1, grupos C & D
Control de salida:	Contacto de usuario normalmente abierto con capacidad de 250, 5A de carga de resistencia.

Fuente: Elaboración propia

**3.5.2.8.3 Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado.** Es el sistema electrónico de seguridad encargado de prevenir el sobrellenado de combustibles durante el proceso de llenado de los camiones cisterna.



El sistema electrónico de detección y bloqueo por sobrellenado empleado en la planta del presente informe es el modelo ST-35C de la marca Scully.

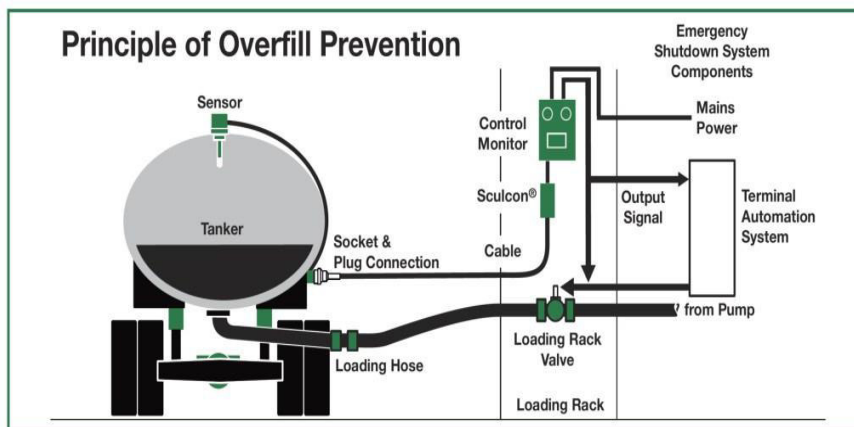


Figura 9: Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado

Fuente: <https://scully.com/>

Tabla 7: Características de sistema de detección y bloqueo por sobrellenado

Características de sistema de detección y bloqueo por sobrellenado ST-35C	
Cantidad de compartimientos:	De 1 a 12
Rango de temperatura:	-40° a +140° F (-40° a +60° C)
Tiempo de respuesta:	0.5 segundos máximo
Alimentación eléctrica:	200–250 VCA, 50/60 Hz, 20 W máx.
Aprobaciones:	ST-35: FM para uso en ubicaciones peligrosas Clase 1, División 1, Grupo D
Relé de salida:	Un contacto de tensión libre totalmente abierto, 250 VCA, resistencia 5A, activado cuando los sensores están secos.

Fuente: Elaboración propia

**3.5.2.8.4 Sistemas de Control de Aditivación.** Es el sistema electrónico encargado del control y medición del proceso de inyección de aditivos a las tuberías de gasolina y diésel.

El sistema de control de aditivación de combustibles empleado en la planta del presente informe es el modelo Mini-Pak 6, el cual es un

sistema de inyección de aditivos que emplea la tecnología de microprocesador. El Mini-Pak 6 puede controlar hasta seis inyectores de aditivo Monoblock, los parámetros de trabajo de dichos inyectores pueden ser configurados en el controlador con un control remoto infrarrojo. Durante el proceso de despacho y aditivación el sistema Mini-Pak 6 es controlado por el controlador electrónico de carga Smith Meter AccuLoad, el cual le indica la posición de inyector que será activado y al mismo tiempo le indica la dosis de aditivo que debe ser inyectado a la tubería.

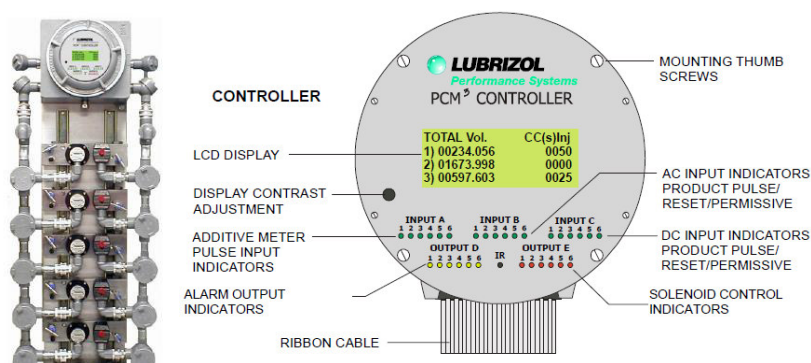


Figura 10: Sistema de control de aditivación de combustibles

Fuente: Honeywell Enraf

Tabla 8: Características del sistema de aditivación Mini-Pak

Características de Sistema de Aditivación Mini-Pak 6	
Alimentación eléctrica:	90–265 VCA, 50/60 Hz, 48 a 63 Hz, 35 W
Rango de temperatura:	-20° a 60° C
Entrada:	6 entradas AC; 6 entradas DC y 6 entradas de pulsos
Salida:	6 salidas AC y 6 salidas DC
Pantalla:	4 líneas, 20 caracteres por línea; LCD con retroiluminación
Comunicaciones:	Interface EIA 485 (2 - wire)
Aprobaciones:	A prueba de explosión con salidas de conexión a tierra intrínsecamente seguras. Clasificado para ubicaciones peligrosas Clase I, División 1, grupos C & D

Fuente: Elaboración propia

El Mini-Pak 6 es un inyector cíclico, debido a que no inyecta continuamente. Una receta interna controla la proporción de aditivo que se inyecta a la tubería del proceso. El flujo del proceso es monitoreado por el controlador. Como se requiere un aditivo, el controlador abre una válvula de control de solenoide e inyecta una pequeña cantidad de aditivo en el proceso. El controlador cierra la válvula y espera hasta que se requiera la siguiente inyección.

### ***3.5.2.9 Términos y conceptos importantes***

***3.5.2.9.1 Mantenimiento.*** La Real Academia Española define mantenimiento como: “Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que las instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”.

#### ***3.5.2.9.2 Tipos de Mantenimiento***

##### ***A) Mantenimiento correctivo***

Es aquel mantenimiento que se realiza cuando el equipo o instrumento falla y se encuentra fuera de servicio. Debido a que este tipo de mantenimiento no ha sido programado ni planificado, los tiempos de parada y reparación pueden ser prolongados hasta conseguir los repuestos necesarios, en ciertos casos es necesario la importación, para una reparación completa. Asimismo, las pérdidas económicas ocasionadas por la parada de algún equipo o sistema crítico para producción pueden ser significativas.

##### ***B) Mantenimiento preventivo***

Es aquel mantenimiento programado y planificado que se realiza periódicamente considerando recomendaciones de los fabricantes, o

teniendo en cuenta el historial de fallas. Permite anticiparse a una posible falla.

#### **D) Mantenimiento Predictivo**

Es aquel mantenimiento que requiere una inspección previa de las condiciones o parámetros de operación. Cuando dichas condiciones varían y se muestra un inminente fallo, se programa el mantenimiento del equipo o instrumento.

**3.5.2.9.3 Técnicas de Mantenimiento Predictivo.** Las técnicas más comunes aplicadas en el mantenimiento predictivo son las siguientes:

##### **A) Inspecciones**

Es la evaluación que se hace a los sistemas, equipos e instrumentos con el objetivo de determinar su estado actual y determinar si estos funcionan correctamente. Se evalúan las condiciones y entorno de trabajo y se realizan pruebas de operatividad.

Son acciones que se realizan periódicamente antes del mantenimiento, de acuerdo a criterios legales, del fabricante o dependiendo de la criticidad de los equipos.

##### **B) Termografía**

Esta técnica en la que se fotografía los rayos infrarrojos que emiten los cuerpos de los equipos o elementos de un sistema para detectar áreas o puntos calientes anormales.

Se utiliza por tanto en el control de cables eléctricos (detección de puntos calientes por efecto Joule), control de cuadros eléctricos, motores, máquinas y plantas de proceso para detectar puntos

calientes anormales debidos a defectos en el propio material o defectos en el aislamiento o aislamiento.

### **C) Análisis de vibraciones**

El análisis de vibraciones industriales es una herramienta técnica para detectar, predecir y prevenir fallas en maquinaria rotativa. La implementación de esta tecnología mejora la confiabilidad de la máquina, aumenta la eficiencia de la máquina para reducir el tiempo de inactividad y elimina las fallas mecánicas o eléctricas.

Las técnicas de análisis de vibraciones ahora se utilizan en todas las industrias del mundo para detectar fallas en las máquinas, planificar las reparaciones de las máquinas y mantenerlas funcionando sin problemas durante el mayor tiempo posible.

**3.5.2.9.4 Análisis de Criticidad.** Es la herramienta que permite identificar y jerarquizar los activos de una planta, donde es recomendable destinar recursos (humanos, económicos y tecnológicos). El proceso de análisis de criticidad también ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de posibles eventos de falla en los sistemas de producción en el contexto de las operaciones en las que se realizan. (Parra&Crespo, 2012)

Para obtener el nivel de criticidad, primero se calcula el valor de criticidad por riesgo o CTR, el cual puede obtenerse multiplicando la frecuencia de fallos (FF) por la consecuencia de los eventos de fallos (C):

$$CTR = FF \times C$$

La consecuencia (C) se obtiene de la suma del producto del Factor de impacto en la producción (IO) y Factor de flexibilidad operacional

(FO), con el Factor de costes de mantenimiento (CM) y el Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA).

$$C = IO \times FO + CM + SHA$$

Luego de obtenido los valores de CTR por cada equipo o activo evaluamos de acuerdo al criterio indicado en la tabla, lo que nos permitirá clasificar los activos en No críticos, de Mediana criticidad y Críticos.

**Tabla 9:** Criterio de clasificación de criticidad

Criticidad	Rango CTR
No crítico (NC)	<30
Mediana criticidad (MC)	[30,40]
Crítico (C)	>40

Fuente: (Parra&Crespo, 2012)

**3.5.2.9.5 Disponibilidad.** Según la norma ISO 14224 (2016) la disponibilidad es la capacidad de un activo de estar en un estado para funcionar según lo requerido. Se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Disponibilidad = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Dónde:

MUT: Es el tiempo activo medio, estimado utilizando el tiempo activo real observado en campo.

MDT: Es el tiempo de parada medio, estimado utilizando el tiempo activo y tiempo de parada real observado en campo.

## 3.6 Procedimiento

### ***3.6.1 Etapas del diseño del plan de mantenimiento predictivo***

En el diseño del plan de mantenimiento predictivo del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistema de aditivación se siguieron las siguientes etapas:

***3.6.1.1 Inventario de los equipos o activos y levantamiento de información.*** Se realiza el inventario y levantamiento de información de los equipos o activos del sistema de control de despacho y del sistema de aditivación de la empresa de hidrocarburos ubicada en Lurín, de acuerdo con el estándar ISO 14224: 2016. Se ha considerado las siguientes actividades:

- A) Identificación de equipos: Se realiza una lista de todos los equipos del sistema de control de despacho y del sistema de aditivación a incluir en el inventario, los cuales son equipos de instrumentación, medición, sistemas de control, sistemas de seguridad, etc.
- B) Agrupación por funciones: Se realiza la agrupación y clasificación de los equipos inventariados considerando características similares, lo cual ayuda a organizar el inventario.
- C) Selección de las categorías de la taxonomía: Sabiendo que la taxonomía es la clasificación sistemática y jerárquica de los equipos
- D) Levantamiento de información de los equipos: En cada equipo inventariado, se recopila información, especificaciones, materiales, componentes, etc.
- E) Registro de información en base de datos: La información recopilada se debe registrar en una base de datos estructurada según taxonomía desarrollada.

**3.6.1.2 Análisis de la Criticidad de Equipos y Sistemas.** En la realización del análisis de criticidad de los equipos del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación se emplea el modelo de criticidad total por riesgo CTR, el cual es un modelo semicuantitativo (Parra&Crespo, 2012)  
Los criterios evaluados y puntajes para calcular la criticidad de los equipos se indican a continuación:

**Tabla 10:** Criterios evaluados y puntajes

<b>Factor de frecuencia de fallos (FF)</b>	<b>Escala</b>
Frecuente: Mayor a 2 eventos al año	4
Promedio: 1 y 2 eventos al año	3
Bueno: Entre 0.5 y un evento al año	2
Excelente: Menos de 0.5 eventos al año	1
<b>Factores de consecuencias (C)</b>	
<b>Impacto Operacional (IO)</b>	<b>Escala</b>
Pérdidas de producción superiores al 75 %	10
Pérdidas de producción entre el 50% y el 74 %	7
Pérdidas de producción entre el 25% y el 49 %	5
Pérdidas de producción entre el 10% y el 24 %	3
Pérdidas de producción menor al 10%	1
<b>Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)</b>	<b>Escala</b>
No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.	4
Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempo de reparación y logística intermedios.	2
Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños.	1
<b>Impacto de Costes de Mantenimiento (CM)</b>	<b>Escala</b>
Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20,000.00 USD	2
Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20,000.00 USD	1
<b>Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)</b>	<b>Escala</b>
Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos.	8
Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6
Riesgo mínimo de pérdida de vida y afectación a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas)	3
No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud ni daños ambientales.	1

**Fuente:** Parra & Crespo, 2012



**Tabla 11:** Matriz de criticidad

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	MC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: Parra&amp;Crespo,2012

Se procede a realizar el análisis de criticidad de los equipos. En la tabla 12 se muestra el resumen del análisis de criticidad.

**Tabla 12:** Resultados de análisis de criticidad

Nivel 7	Nivel 8	Puntajes y resultados						Criticidad
Sub-Unidad	Ítem Mantenible/Componente	Factor de frecuencia de fallos FF	Impacto operacional IO	Impacto por flexibilidad operacional FO	Impacto por costes de mantenimiento CM	Impacto de seguridad, higiene y ambiente SHA	(IO x FO) + CM + SHA	
Sistema electrónico de despacho	Válvula de control de llenado de 4"	3	1	2	1	6	9	Media criticidad
	Válvula de control de llenado de 2"	3	1	2	1	6	9	Media criticidad
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	3	1	2	1	6	9	Media criticidad
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	3	1	2	1	6	9	Media criticidad
	Sensor de temperatura RTD de línea de 4"	2	1	4	1	1	6	No críticos
	Sensor de temperatura RTD de línea de 2"	2	1	4	1	1	6	No críticos
	Controlador electrónico	3	3	2	1	6	13	Media criticidad

Sistemas electrónicos de seguridad	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	4	7	2	1	8	23	Crítico
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	4	7	2	1	8	23	Crítico
Sistema de aditivación	Controlador de aditivación	3	3	2	1	6	13	Media criticidad
	Inyector de Aditivo 1	3	1	4	1	6	11	Media criticidad
	Inyector de Aditivo 2	3	1	4	1	6	11	Media criticidad
	Inyector de Aditivo 3	3	1	4	1	6	11	Media criticidad
	Inyector de Aditivo 4	3	1	4	1	6	11	Media criticidad
	Inyector de Aditivo 5	3	1	4	1	6	11	Media criticidad

Fuente: Elaboración propia

**3.6.1.3 Tiempo de Parada y Disponibilidad encontradas.** Se recopila información del área de mantenimiento de tiempos de parada actuales. Asimismo, se calcula la disponibilidad actual de los equipos y sistemas. En las tablas 13 y 14 se muestran los datos obtenidos.

**Tabla 13:** Tiempo de parada de equipos y sistemas antes del Plan de Mantenimiento predictivo

Sistema	Equipo	Tiempo de parada (horas)
Sistema electrónico de despacho	Válvula de control de llenado de 4"	336
	Válvula de control de llenado de 2"	336
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	672
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	672
	Controlador electrónico	336
Sistemas electrónicos de seguridad	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	144
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	144
Sistema de aditivación	Controlador de aditivación	336
	Inyectores de aditivación 1	336
	Inyectores de aditivación 2	336
	Inyectores de aditivación 3	336
	Inyectores de aditivación 4	336
	Inyectores de aditivación 5	336

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14:** Disponibilidad de equipos y sistemas antes del Plan de Mantenimiento predictivo

Sistema	Equipo	Tiempo de parada	Tiempo disponible	Disponibilidad individual	Disponibilidad del Sistema
<b>Sistema electrónico de despacho</b>	Válvula de control de llenado de 4"	336	5496	94.24%	91.98%
	Válvula de control de llenado de 2"	336	5496	94.24%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	672	5832	89.67%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	672	5832	89.67%	
	Controlador electrónico	336	5496	94.24%	
<b>Sistemas electrónicos de seguridad</b>	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	144	8616	98.36%	96.74%
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	144	8616	98.36%	
<b>Sistema de aditivación</b>	Controlador de aditivación	336	5832	94.55%	94.55%
	Inyectores de aditivación 1	336	5832	94.55%	
	Inyectores de aditivación 2	336	5832	94.55%	
	Inyectores de aditivación 3	336	5832	94.55%	
	Inyectores de aditivación 4	336	5832	94.55%	
	Inyectores de aditivación 5	336	5832	94.55%	

Fuente: Elaboración propia

**3.6.1.4 Plan de mantenimiento predictivo.** Se elabora el plan de mantenimiento predictivo para los equipos de la empresa de hidrocarburos, considerando la clasificación de equipos y el análisis de la criticidad de los equipos. Se indican los sistemas, equipos, las técnicas de monitoreo a emplear y la frecuencia de monitoreo.

**Tabla 15:** Plan de Mantenimiento Predictivo

Sistema	Equipo	Técnica de monitoreo	Frecuencia
<b>Sistema electrónico de despacho</b>	Válvula de control de llenado de 4"	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección visual</li> <li>- Termografía</li> <li>- Pruebas On/Off de solenoides</li> <li>- Verificación de tendencias</li> <li>- Medición cantidad de actuaciones.</li> </ul>	- Cuatrimestral

<b>Sistema electrónico de despacho</b>	Válvula de control de llenado de 2"	- Inspección visual - Termografía - Pruebas On/Off de solenoides - Verificación de tendencias Medición cantidad de actuaciones.	- Cuatrimestral
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	- Inspección visual - Medición de vibraciones - Calibración - Análisis de tendencias	- Cuatrimestral (Inspección y mediciones) - Semestral (calibración)
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	- Inspección visual - Medición de vibraciones - Calibración - Análisis de tendencias	- Cuatrimestral (Inspección y mediciones) - Semestral (calibración)
	Controlador electrónico	- Inspección visual - Análisis de eventos - Análisis de alarmas	- Cuatrimestral
<b>Sistemas electrónicos de seguridad</b>	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	- Inspección visual - Pruebas de funcionamiento	- Trimestral
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	- Inspección visual - Pruebas de funcionamiento	- Trimestral
<b>Sistema de aditivación</b>	Controlador de aditivación	- Inspección visual - Pruebas de funcionamiento - Análisis de alarmas	- Cuatrimestral
	Inyectores de aditivación	- Inspección visual - Termografía - Pruebas On/Off de solenoides - Calibración.	- Cuatrimestral (Inspección y mediciones) - Semestral (calibración)

Fuente: Elaboración propia

### 3.7 Resultado de la actividad

El plan de mantenimiento predictivo se propone a la empresa de hidrocarburos para mejorar la eficiencia de su sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación.

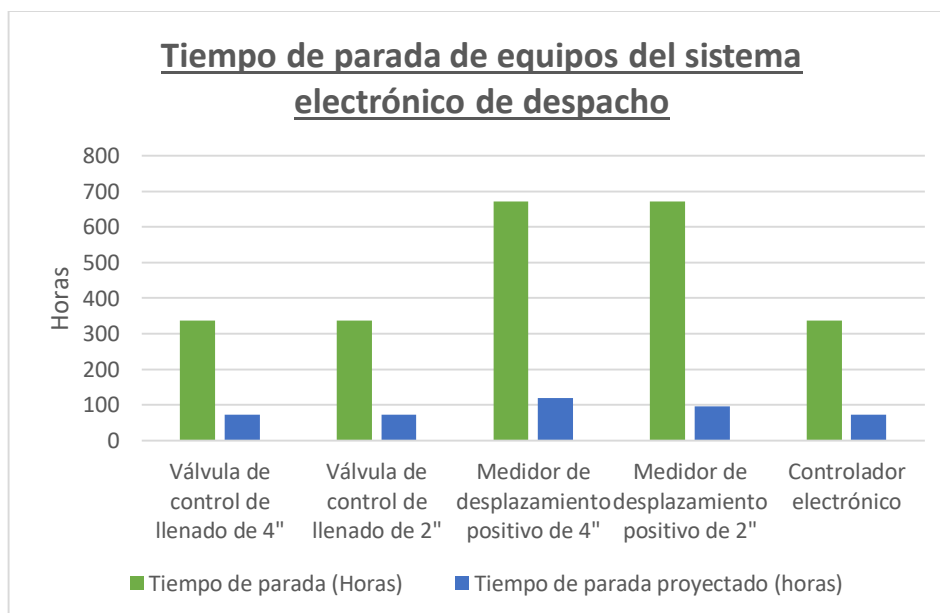
En la siguiente tabla 16 se muestra los tiempos proyectados de parada no planificados para los equipos del sistema electrónico de control de despacho de combustibles, sistemas electrónicos de seguridad y sistemas de aditivación. Se proyectan tiempos de parada menores a los encontrados, lo cual contribuye a la mejora en la eficiencia de los sistemas electrónicos de

despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos.

**Tabla 16:** Tiempos de parada proyectados con el Plan de Mantenimiento predictivo

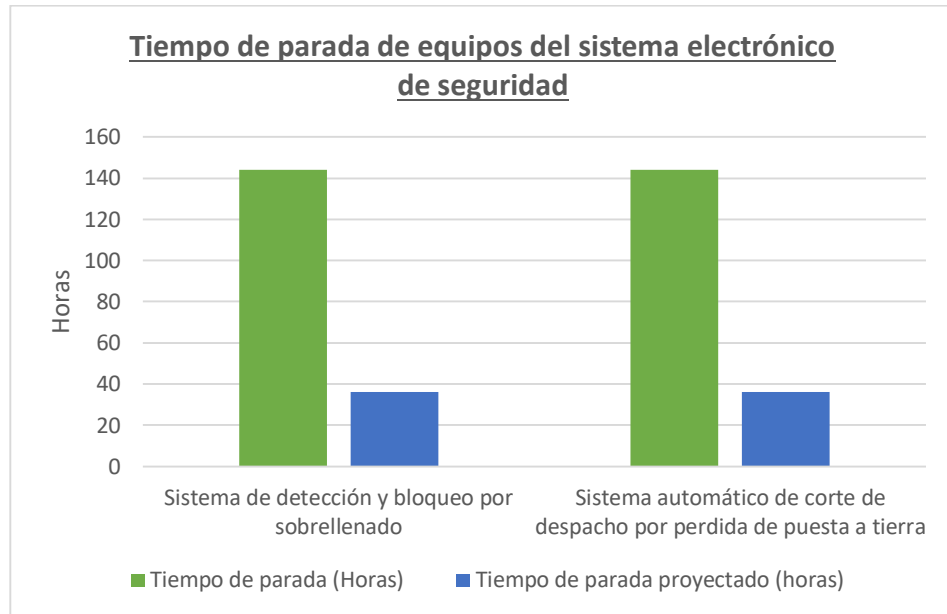
Sistema	Equipo	Tiempo de parada
<b>Sistema electrónico de despacho</b>	Válvula de control de llenado de 4"	72
	Válvula de control de llenado de 2"	72
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	120
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	96
	Controlador electrónico	72
<b>Sistemas electrónicos de seguridad</b>	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	36
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	36
<b>Sistema de aditivación</b>	Controlador de aditivación	72
	Inyectores de aditivación 1	72
	Inyectores de aditivación 2	72
	Inyectores de aditivación 3	72
	Inyectores de aditivación 4	72
	Inyectores de aditivación 5	72

Fuente: Elaboración propia



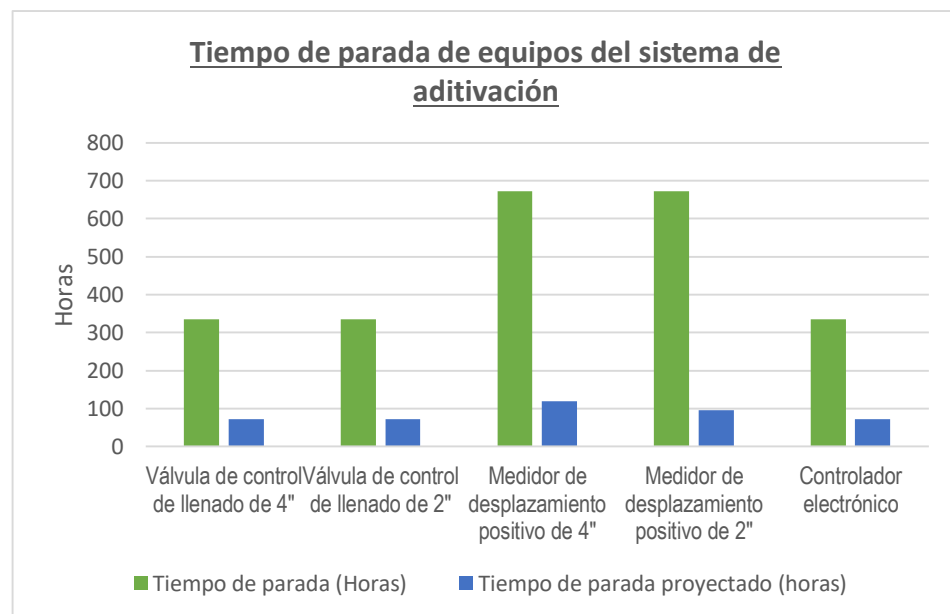
**Figura 11:** Tiempos de parada de equipos del sistema electrónico de despacho

Fuente: Elaboración propia



*Figura 12:* Tiempo de parada de equipos del sistema electrónico de seguridad

Fuente: Elaboración propia



*Figura 13:* Tiempo de parada de equipos del sistema de aditivación

Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad de los equipos como de los sistemas electrónicos de control de despacho de combustibles, sistemas electrónicos de seguridad y

sistemas de aditivación son proyectados. En la siguiente tabla 10 se muestran los resultados, donde se aprecian valores óptimos de disponibilidad.

**Tabla 17:** Disponibilidad proyectada de equipos y sistemas con el plan de mantenimiento predictivo

Equipo	Tiempo de parada	Tiempo disponible	Disponibilidad individual	Disponibilidad del Sistema	
<b>Sistema electrónico de despacho</b>	Válvula de control de llenado de 4"	72	7152	99.00%	98.94%
	Válvula de control de llenado de 2"	72	7152	99.00%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	120	7200	98.36%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	96	7176	98.68%	
	Controlador electrónico	72	7152	99.00%	
<b>Sistemas electrónicos de seguridad</b>	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	36	8724	99.59%	99.18%
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	36	8724	99.59%	
<b>Sistema de aditivación</b>	Controlador de aditivación	72	7152	99.00%	99.00%
	Inyectores de aditivación 1	72	7152	99.00%	
	Inyectores de aditivación 2	72	7152	99.00%	
	Inyectores de aditivación 3	72	7152	99.00%	
	Inyectores de aditivación 4	72	7152	99.00%	
	Inyectores de aditivación 5	72	7152	99.00%	

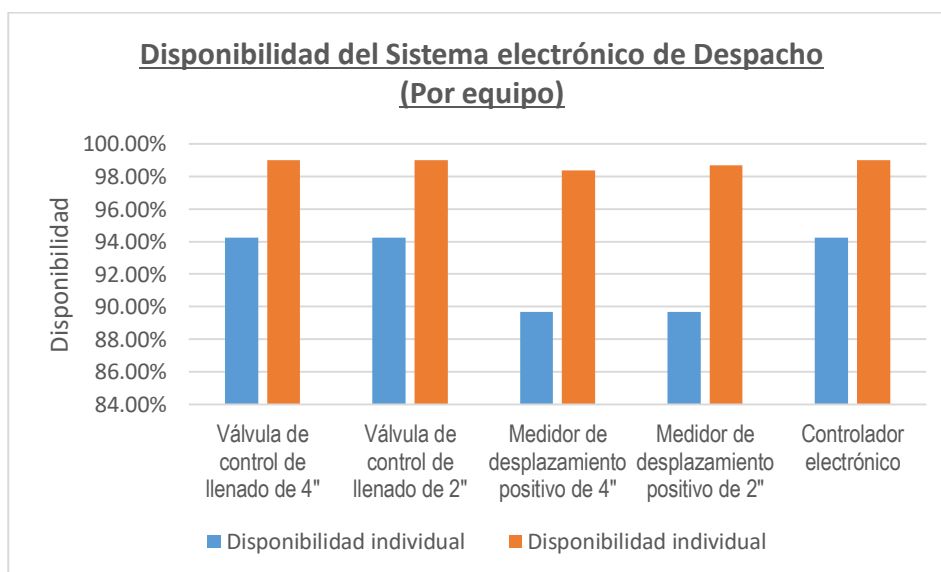
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 18 se realiza la comparación de las disponibilidades de los equipos y sistemas encontradas con las disponibilidades proyectadas, donde se observa un aumento de la disponibilidad importante, lo cual influye en la mejora de la eficiencia de los sistemas electrónicos de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos.

**Tabla 18:** Disponibilidad encontrada versus disponibilidad proyectada de equipos y sistemas con el plan de mantenimiento predictivo

Sistema	Equipo	Disponibilidad actual		Disponibilidad proyectada	
		Disponibilidad individual	Disponibilidad del Sistema	Disponibilidad individual	Disponibilidad del Sistema
Sistema electrónico de despacho	Válvula de control de llenado de 4"	94.24%	91.98%	99.00%	98.94%
	Válvula de control de llenado de 2"	94.24%		99.00%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 4"	89.67%		98.36%	
	Medidor de desplazamiento positivo de 2"	89.67%		98.68%	
	Controlador electrónico	94.24%		100%	
Sistemas electrónicos de seguridad	Sistema de detección y bloqueo por sobrellenado	98.36%	96.74%	99.59%	99.18%
	Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra	98.36%		99.59%	
Sistema de aditivación	Controlador de aditivación	94.55%	94.55%	99.00%	99.00%
	Inyectores de aditivación 1	94.55%		99.00%	
	Inyectores de aditivación 2	94.55%		99.00%	
	Inyectores de aditivación 3	94.55%		99.00%	
	Inyectores de aditivación 4	94.55%		99.00%	
	Inyectores de aditivación 5	94.55%		99.00%	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 14:** Disponibilidad del Sistema electrónico de Despacho (por equipo)

Fuente: Elaboración propia



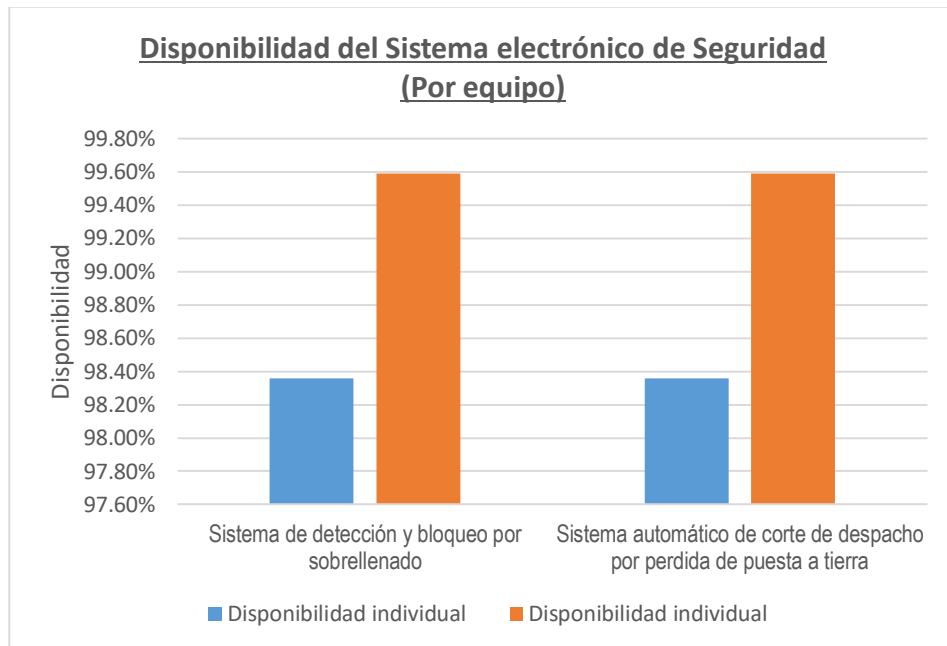


Figura 15: Disponibilidad del sistema electrónico de seguridad (Por equipo)

Fuente: Elaboración propia

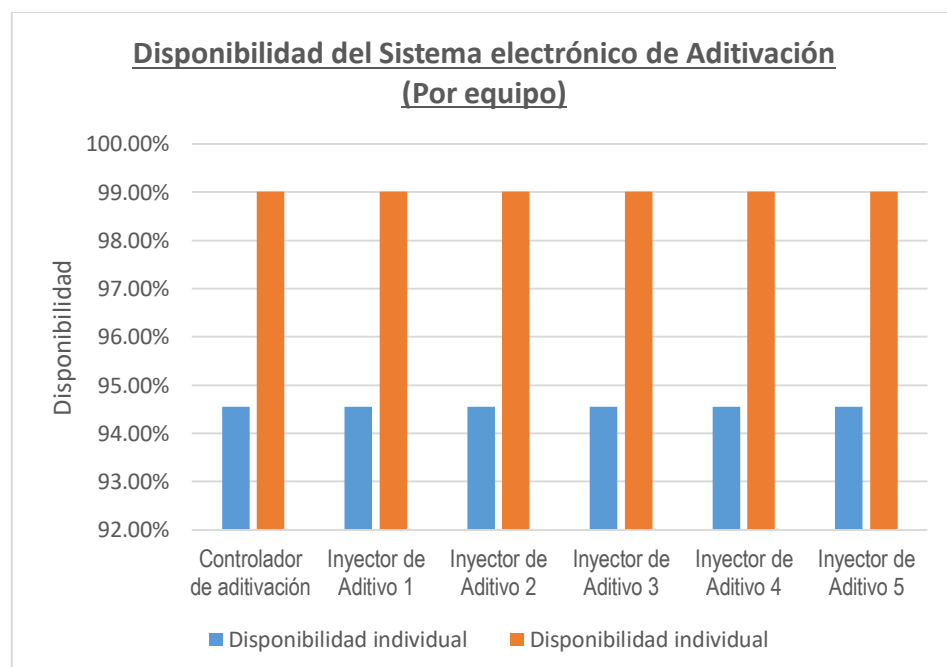
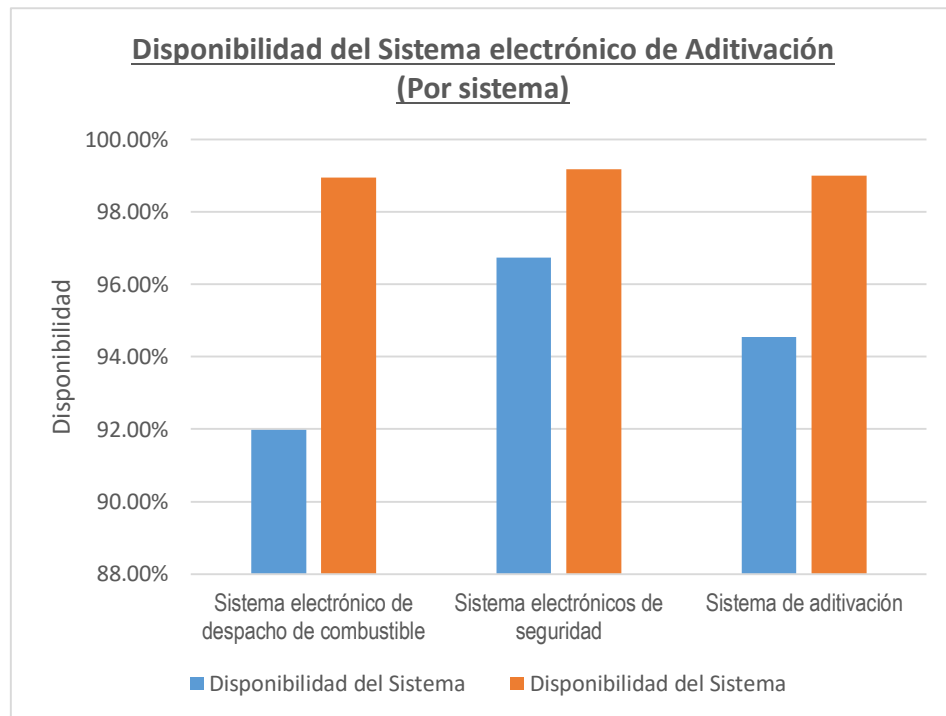


Figura 16: Disponibilidad del sistema electrónico de aditivación (Por equipo)

Fuente: Elaboración propia



*Figura 17:* Disponibilidad del sistema electrónico de aditivación (Por sistema)

Fuente: Elaboración propia

Se observa una mejora de la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación mediante la disminución del tiempo de parada no planificado, mejora en la disponibilidad proyectada y reducción en el costo de mantenimiento.

## **CAPITULO IV: CONCLUSIONES**

### **4.1 Justificación**

El presente trabajo se realiza con la necesidad de mejorar la eficiencia de los sistemas electrónicos de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la planta de hidrocarburos ubicada en Lurín.

Los beneficios de la implementación de mantenimiento predictivo son: Mejora de la eficiencia, mediante la reducción de tiempos de parada, aumento de la disponibilidad, mejora de la eficiencia operativa, optimización de la programación del mantenimiento y mejora en la seguridad. Estas ventajas combinadas brindaran a la planta una ventaja competitiva y le permitirá mantener sus activos en condiciones óptimas a lo largo del tiempo.

#### ***4.1.1 Evaluación económica***

Se realiza la evaluación económica de la implementación del mantenimiento predictivo para el sistema electrónico de control de despacho de combustibles y el sistema de aditivación de la planta de hidrocarburos de Lurín.

Primero, se calcula el costo anual (en soles) empleado en la realización del mantenimiento preventivo, luego realizamos el cálculo del costo del mantenimiento predictivo. Finalmente, se realiza la comparación de los montos calculados.

**4.1.1.1 Costo del mantenimiento preventivo.** En la tabla 19 se indican los costos de mantenimiento preventivo. Se considera el costo de la mano de obra, el costo de repuestos e insumos, la frecuencia de realización y la cantidad de equipos intervenidos. Asimismo, se incluyen los costos de las calibraciones de los equipos.

**Tabla 19:** Costo del mantenimiento preventivo de sistemas electrónicos de despacho de combustibles y sistemas de aditivación

ÍTEM	TRABAJO	M. PREVENTIVO		Frecuencia (Veces por año)	Cantidad de equipos	Costo de Mantenimiento preventivo
		Mano de Obra	Repuestos e insumos			
1	Mantenimiento preventivo de controlador electrónico de carga AccuLoad	S/ 1,140.00	S/ 300.00	1.00	21.00	S/ 30,240.00
2	Mantenimiento preventivo de medidor de flujo de 4"	S/ 1,925.00	S/ 200.00	1.00	42.00	S/ 89,250.00
3	Calibración de Medidor de flujo de 4"	S/ 3,000.00	S/ 400.00	2.00	42.00	S/ 285,600.00
4	Mantenimiento preventivo de medidor de flujo de 2"	S/ 1,463.00	S/ 150.00	1.00	38.00	S/ 61,294.00
5	Calibración de Medidor de flujo de 2"	S/ 2,400.00	S/ 350.00	2.00	38.00	S/ 209,000.00
6	Mantenimiento preventivo de válvulas de control 4"	S/ 900.00	S/ 500.00	1.00	42.00	S/ 58,800.00
7	Mantenimiento preventivo de válvulas de control 2"	S/ 900.00	S/ 500.00	1.00	38.00	S/ 53,200.00
8	Mantenimiento preventivo de controlador electrónico MINIPAK/FUSION	S/ 1,155.00	S/ 400.00	1.00	38.00	S/ 59,090.00
9	Mantenimiento preventivo de inyector de aditivo Monoblock	S/ 770.00	S/ 500.00	1.00	190.00	S/ 241,300.00
10	Calibración de Sistema de aditivación	S/ 3,000.00	S/ 200.00	2.00	38.00	S/ 243,200.00
11	Mantenimiento preventivo de sistema de verificación de aterramiento	S/ 600.00	S/ 100.00	1.00	7.00	S/ 4,900.00
12	Mantenimiento preventivo de sistema de prevención de sobrellenado	S/ 600.00	S/ 100.00	1.00	7.00	S/ 4,900.00
<b>Total Soles (Sin IGV)</b>						<b>S/ 1,340,774.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.1.2 Costo del mantenimiento predictivo

En la tabla 20 se indica el costo del mantenimiento predictivo. Se considera el costo de la mano de obra, así como el costo de repuestos e insumos. Asimismo, se incluyen los costos de calibración de equipos

**Tabla 20:** Costo del mantenimiento predictivo de sistemas electrónicos de despacho de combustibles y sistemas de aditivación

ÍTEM	TRABAJO	M. PREDICTIVO		Frecuencia	Cantidad	Costo de M. Predictivo (Soles)
		Mano de Obra (Precio Unitario en soles)	Repuestos e insumos			
1	Mantenimiento predictivo de controlador electrónico de carga AccuLoad	S/ 250.00	S/ 0.00	3.00	21.00	S/ 15,750.00
2	Mantenimiento predictivo de medidor de flujo de 4"	S/ 300.00	S/ 0.00	1.00	42.00	S/ 12,600.00
3	Calibración de Medidor de flujo de 4"	S/ 3,000.00	S/ 400.00	2.00	42.00	S/ 285,600.00
4	Mantenimiento predictivo de medidor de flujo de 2"	S/ 300.00	S/ 0.00	2.00	38.00	S/ 22,800.00
5	Calibración de Medidor de flujo de 2"	S/ 2,400.00	S/ 350.00	2.00	38.00	S/ 209,000.00
6	Mantenimiento predictivo de válvulas de control 4"	S/ 250.00	S/ 0.00	3.00	42.00	S/ 31,500.00
7	Mantenimiento predictivo de válvulas de control 2"	S/ 250.00	S/ 0.00	3.00	38.00	S/ 28,500.00
8	Mantenimiento predictivo de controlador electrónico MINIPAK/FUSION	S/ 250.00	S/ 0.00	1.00	38.00	S/ 9,500.00
9	Mantenimiento predictivo de inyector de aditivo Monoblock	S/ 100.00	S/ 0.00	1.00	190.00	S/ 19,000.00
10	Calibración de Sistema de aditivación	S/ 3,000.00	S/ 200.00	2.00	38.00	S/ 243,200.00
11	Mantenimiento predictivo de sistema de verificación de aterramiento	S/ 150.00	S/ 20.00	4.00	7.00	S/ 4,760.00
12	Mantenimiento predictivo de sistema de prevención de sobrellenado	S/ 150.00	S/ 20.00	4.00	7.00	S/ 4,760.00
<b>Total Soles (Sin IGV)</b>						<b>S/ 886,970.00</b>

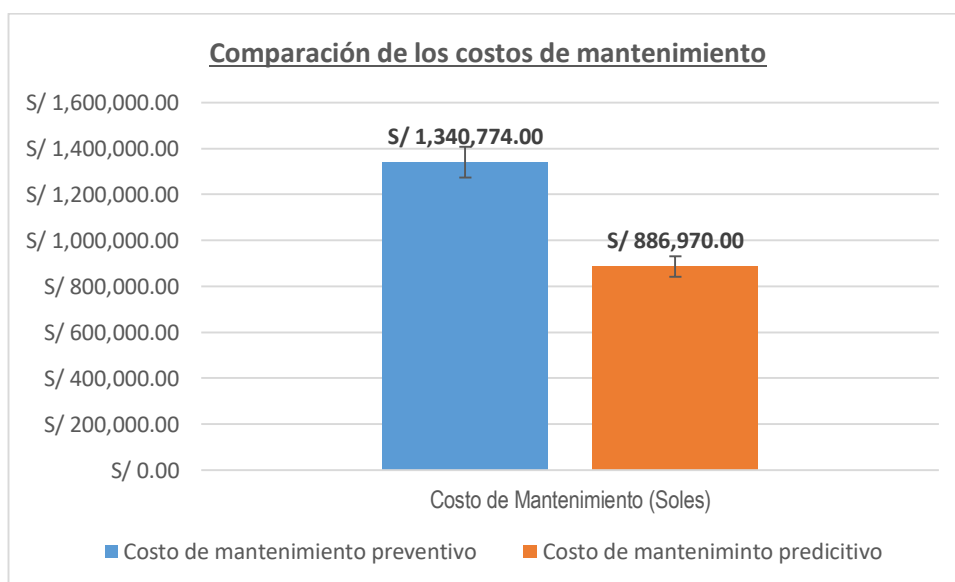
Fuente: Elaboración propia

**4.1.1.3 Comparación de Costos de mantenimiento.** En la tabla 21 se realiza la comparación de los costos obtenidos, tanto del mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo. Se aprecia que el costo de realizar el mantenimiento predictivo es significativamente inferior y permite obtener un ahorro para la empresa de hidrocarburos

**Tabla 21:** Comparación de Costos del mantenimiento preventivo con el mantenimiento predictivo

Costo del Mantenimiento Preventivo* (Soles)	Costo del Mantenimiento Predictivo* (Soles)	Ahorro (Soles)
S/ 1,340,774.00	S/ 886,970.00	S/ 453,804.00
(*) Incluyen las calibraciones de los equipos		

Fuente: Elaboración propia



*Figura 18: Comparación de los costos de mantenimiento*

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Conclusiones

1. El plan de mantenimiento predictivo, desarrollado en el presente trabajo TSP, en la planta de hidrocarburos será muy beneficioso y altamente efectivo para mejorar eficiencia y la disponibilidad de los equipos críticos del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación.

2. Los tiempos de parada no planificados se verán afectados y disminuidos permitiendo un mayor tiempo de producción o venta de los productos de hidrocarburos.
3. La reducción en los tiempos de parada no planificados y el aumento de las horas de funcionamiento de los equipos de los sistemas electrónicos de control de despacho y aditivación afecta positivamente en el indicador disponibilidad individual de los equipos y disponibilidad de los sistemas
4. El costo de mantenimiento de los sistemas electrónicos de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación disminuirán con la implementación del plan de mantenimiento predictivo propuesto en el presente trabajo, ya que las intervenciones serán basadas en el estado real de los equipos, por lo que se evitarán inspecciones y trabajos de mantenimiento innecesarios. De esta forma se optimizarán los recursos de la empresa de hidrocarburos.

## **CAPITULO V: RECOMENDACIONES**

- Realizar la capacitación del personal supervisor de mantenimiento y operativo para la implementación del plan de mantenimiento predictivo en toda la empresa.
- Se recomienda mantener actualizada la base de datos con las observaciones encontradas en los trabajos de mantenimiento predictivo realiza. Asimismo, mantener actualizado el inventario de equipos, tanto críticos como no críticos.
- Es recomendable realizar auditorías periódicas de la implementación del plan de mantenimiento predictivo, con el objetivo de optimizarlo y ajustar y mantener la eficacia y eficiencia del mismo.



## CAPITULO VI: BIBLIOGRAFÍA

Cavalieri, S., y Salafia, M. G. (2020). *A model for predictive maintenance based on asset administration shell*. *Sensors*, 20(21), 6028. Obtenido de: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/21/6028/pdf>

Cherres Fajardo, D. A., y Ñauta Chuisaca, J. J. (2015). *Estudio de Implementación del sistema de mantenimiento predictivo en la compañía Ecuatoriana del Caucho Erco* [Tesis de licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador]. Obtenido de: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11282>

Díaz Patrón, J. A. (2015). *Elaboración e implementación del plan de mantenimiento predictivo y preventivo para la empresa Probalsa SA del cantón el Carmen, año 2014* [Tesis de licenciatura, Ecuador]. Obtenido de: <http://repositorio.uteg.edu.ec/handle/43000/3429>

Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Diaz de santos.



Imán Coronado, G. E. (2021). *Propuesta de mantenimiento predictivo para reducir tasa de fallas de equipos críticos en Refrigerados Fisholg & Hijos SAC Paita 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo, Perú]. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/86671>


International Organization for Standardization (2016). *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment* (ISO 14224). <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14224:ed-3:v2:en>


- López García, A. V. (2013). *Propuesta de implementación de mantenimiento predictivo en una empresa cementera en el sur del Perú, 2013* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santa María, Perú]. Obtenido de: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/2196>
- Loya Ñato, D. R. (2020). *Diseño de un plan de mantenimiento predictivo para el área de abastecimiento corte térmico de la empresa SEDEMI* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador]. Obtenido de: <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1612>
- Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance*. Elsevier.
- Norwegian petroleum industry (2017). *Risk based maintenance and consequence classification* (NORSOK Z-008).
- Parra, C., & Crespo, A. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos*. INGECON.
- Santiago, J. (2017). *Implementación del mantenimiento predictivo para incrementar la productividad en el área de máquinas automáticas de la empresa Tecnopress SAC, 2017 Ate-Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo, Perú]. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12567>
- Tamayo, J., Salvador, J., Vásquez, A., y De la Cruz, R. (2015). *La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país*. Osinergmin. Lima-Perú. Obtenido de: [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607068/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru\\_compressed.pdf?v=1587593435](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/607068/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru_compressed.pdf?v=1587593435)
- Verma, A. K., Ajit, S., & Karanki, D. R. (2010). *Reliability and safety engineering* (Vol. 43, pp. 373-392). London: Springer.


## **CAPITULO VII: ANEXOS**

## Anexo A: Formatos de mantenimiento predictivo de controlador AccuLoad



		<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>			Pagina: <b>1 de 4</b>	
					N° Reporte:	
					F. Intervención:	
					F. Emisión:	
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE CONTROLADORES DE CARGA ACCULOAD</b>						
<b>EMPRESA RESPONSABLE</b>				<b>CONTRATO</b>		
EMPRESA EJECUTORA:				N° DE CONTRATO:		
RUC:				N° DE PARTIDA:		
1-	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO</b>					
TAG:		UBICACIÓN:				
MARCA:		SERVICIO:				
MODELO:		PRODUCTO CONTROLADO:				
N° DE SERIE:		TIPO DE CONTROLADOR:				
		N° PROD. CONTROLADO:				
		ARM1/METER 1:				
		ARM1/METER 2:				
		ARM2/METER 1:				
		ARM2/METER 2:				
		DIRECCIÓN IP:				
		PANTALLA:				
TECLADO:						
		ENCLOSURE TYPE:				
2-	<b>RESULTADOS DE INSPECCIÓN DE CONTROLADORES DE CARGA</b>					
2.1	<b>CHECK LIST DE CONTROLADOR DE CARGA</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N.A	COMENTARIOS	
1	Cuenta con identificación (TAG) y se encuentra correctamente ubicada					
2	El controlador se encuentra limpio, libre de suciedad y/o polvo					
3	El recubrimiento de pintura del controlador se encuentra en buen estado					
4	Caja del controlador presenta corrosión o daño mecánico					
5	Pernos se encuentran con corrosión o incompletos					
6	Las pantallas se encuentran dañadas y/o con pixeles incompletos					
7	El teclado se encuentra deteriorado o incompleto					
8	Tiene comunicación con la impresora de tickets					
9	Controlador se comunica satisfactoriamente con PC remota					
10	Controlador tiene comunicación con controladores de aditivación					
11	Se encontraron alarmas de falla de entradas analógicas					
12	Se encontraron alarmas de falla de entradas digitales					
13	Tuberías y accesorios conduit presentan deterioro y/o corrosión					
14	El soporte del controlador presenta deterioro de la pintura y corrosión					
15	Sistema eléctrico cuenta con UPS de respaldo ante ausencia de suministro.					
16	La instalación se encuentra conforme al P&ID y al típico de montaje.					
17	El controlador se encuentra operativo y en servicio					
18	El acceso para el mantenimiento y operación son posibles y seguros.					
<b>EMITIDO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>			<b>RECIBIDO POR:</b>	
<b>INSPECTOR CONTRATISTA</b>		<b>RESIDENTE CONTRATISTA</b>			<b>SUPERVISOR DE CLIENTE</b>	

	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>			Página:
				2 de 4
				N° Reporte:
				F. Intervención:
				F. Emisión:
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE CONTROLADORES DE CARGA ACCULOAD</b>				
2.2	RESUMEN DE ALARMAS ENCONTRADAS EN CONTROLADOR _____			
<b>ÍTEM</b>	<b>ALARMA</b>	<b>DETALLE</b>		<b>COMENTARIOS</b>
1				
2				
2.3	ESTADO DE CONTROLADOR DE CARGA _____			
<b>ÍTEM</b>	<b>TARJETA</b>	<b>ENTRADA/SALIDA</b>		<b>ESTADO/ VALOR</b>
1	KDC.NET	COMM PORT	COM1	
2	KDC.NET	COMM PORT	COM2	
3	KDC.NET	COMM PORT	COM3	
4	KDC.NET	COMM PORT	COM4	
5	KDC.NET	DC IN DATA	IN#1	
6	KDC.NET	DC IN DATA	IN#2	
7	KDC.NET	DC IN DATA	IN#3	
8	KDC.NET	DC OUT DATA	OUT#1	
9	KDC.NET	DC OUT DATA	OUT#2	
10	KDC.NET	DC OUT DATA	OUT#3	
11	EAAI	AC IN DATA	IN #7	
12	EAAI	AC IN DATA	IN #8	
13	EAAI	AC IN DATA	IN #9	
14	EAAI	AC IN DATA	IN #10	
15	EAAI	AC IN DATA	IN #11	
16	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 4	
17	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 5	
18	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 6	
19	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 7	
20	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 8	
21	EAAI	DC OUT DATA	OUT # 9	
22	EAAI	DC IN DATA	IN#4	
23	EAAI	DC IN DATA	IN#5	
24	EAAI	DC IN DATA	IN#6	
25	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#1	
26	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#2	
27	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#3	
28	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#4	
29	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#5	
30	EAAI	ANALOG INPUT	MODULE#6	
31	EAAI	DC OUT DATA	OUT #10(AC)	
32	EAAI	DC OUT DATA	OUT #11(AC)	
EMITIDO POR:		REVISADO POR:		RECIBIDO POR:
INSPECTOR CONTRATISTA		RESIDENTE CONTRATISTA		SUPERVISOR DE CLIENTE


 <b>AGL INGENIEROS SAC</b>	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>			Página:	
				<b>3 de 4</b>	
				N° Reporte:	
				F. Intervención:	
				F. Emisión:	
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE CONTROLADORES DE CARGA ACCULOAD</b>					
ÍTEM	TARJETA	ENTRADA/SALIDA		ESTADO/ VALOR	COMENTARIOS
33	EAAI	DC OUT DATA	OUT #12(AC)		
34	EAAI	DC OUT DATA	OUT #13(AC)		
35	EAAI	DC OUT DATA	OUT #14(AC)		
36	EAAI	DC OUT DATA	OUT #15(AC)		
37	BSE	DC OUT DATA	OUT #16(AC)		
38	BSE	DC OUT DATA	OUT #17(AC)		
39	BSE	DC OUT DATA	OUT #18(AC)		
40	BSE	DC OUT DATA	OUT #19(AC)		
41	BSE	DC OUT DATA	OUT #20(AC)		
42	BSE	DC OUT DATA	OUT #21(AC)		
43	BSE	DC OUT DATA	OUT #22(AC)		
44	BSE	DC OUT DATA	OUT #23(AC)		
45	BSE	DC OUT DATA	OUT #24(AC)		
46	BSE	DC OUT DATA	OUT #25(AC)		
47	BSE	DC OUT DATA	OUT #26(AC)		
48	BSE	DC OUT DATA	OUT #27(AC)		
49	BSE	DC OUT DATA	OUT #28(AC)		
50	BSE	DC OUT DATA	OUT #29(AC)		
51	BSE	DC IN DATA	IN #12		
52	BSE	DC IN DATA	IN #13		
53	BSE	DC IN DATA	IN #14		
54	BSE	DC IN DATA	IN #15		
<b>3-</b>	<b>OBSERVACIONES</b>				
3.1					
3.2					
3.3					
3.4					
3.5					
<b>4-</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>				
4.1					
4.2					
4.3					
4.4					
<b>EMITIDO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>		<b>RECIBIDO POR:</b>	
INSPECTOR CONTRATISTA		RESIDENTE CONTRATISTA		SUPERVISOR DE CLIENTE	


 <p>AGL INGENIEROS SAC</p>	<p><b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">Pagina:</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><b>4 de 4</b></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">N° Reporte:</td></tr> <tr><td> </td></tr> <tr><td style="font-size: small;">F. Intervención:</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">F. Emisión:</td></tr> </table>	Pagina:	<b>4 de 4</b>	N° Reporte:		F. Intervención:	F. Emisión:
Pagina:								
<b>4 de 4</b>								
N° Reporte:								
F. Intervención:								
F. Emisión:								
<p><b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE CONTROLADORES DE CARGA ACCULOAD</b></p>								
5-	<p><b>REPORTE FOTOGRAFICO</b></p>							
<table style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black;"></td> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black;"></td> </tr> </table>								
EMITIDO POR:	REVISADO POR:	RECIBIDO POR:						
INSPECTOR CONTRATISTA	RESIDENTE CONTRATISTA	SUPERVISOR DE CLIENTE						


## Anexo B: Formato de mantenimiento predictivo de válvulas de control

		<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>			Pagina: <b>1 de 4</b>	
					N° Reporte: _____	
					F. Intervención: _____	
					F. Emisión: _____	
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL DE LLENADO</b>						
<b>EMPRESA RESPONSABLE</b>			<b>CONTRATO</b>			
EMPRESA EJECUTORA:			N° DE CONTRATO:			
RUC:			N° DE PARTIDA:			
<b>1-</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO</b>					
TAG:		UBICACIÓN:				
MARCA:		LÍNEA:				
MODELO:		PRODUCTO:				
N° DE SERIE:		SERVICIO:				
		TIPO DE VÁLVULA:				
		TAMAÑO:				
		TIPO DE CONEXIÓN:				
		POSICIÓN EN FALLA:				
		MAX. PRESIÓN DE CONEXIONES:				
		CUERPO:				
		INTERNOS:				
		DIAFRAGMA, O-RINGS:				
<b>2-</b>	<b>RESULTADOS DE INSPECCIÓN DE VALVULAS DE CONTROL</b>					
<b>2.1</b>	<b>CHECK LIST DE VÁLVULA DE CONTROL _____</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N.A	COMENTARIOS	
1	Cuenta con identificación (TAG) y se encuentra correctamente ubicada					
2	La válvula se encuentra limpia, libre de suciedad y/o polvo					
3	El recubrimiento de pintura de la válvula se encuentra en buen estado					
4	Cuerpo de la válvula presenta corrosión o daño mecánico					
5	Las tuercas de la tapa presentan deterioro y/o corrosión					
6	Presencia de fuga de producto por junta bridada o tapa de la válvula					
7	Los tubings y racores se encuentran con deterioro o corrosión					
8	Presencia de fuga por conexiones de tubings y/o racores					
9	Cuerpo de válvulas solenoide N.O. o N.C. presentan daño mecánico o fuga de producto.					
10	Bobinas de solenoides NO o NC presentan sobrecalentamiento y/o zumbido anormal					
11	Tuberías y accesorios conduit presentan deterioro y/o corrosión					
12	Válvulas de regulación y sintonización (lado NO y NC) se encuentran en buen estado mecánico					
13	Válvulas de regulación y sintonización (lado NO y NC) poseen precinto de seguridad					
14	La instalación se encuentra conforme al P&ID y al típico de montaje.					
15	La válvula se encuentra en servicio y debidamente alineada					
16	El acceso para el mantenimiento y operación son posibles y seguros.					
<b>EMITIDO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>			<b>RECIBIDO POR:</b>	
<b>INSPECTOR CONTRATISTA</b>		<b>RESIDENTE CONTRATISTA</b>			<b>SUPERVISOR DE CLIENTE</b>	






	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>		Página:
			<b>2 de 4</b>
			N° Reporte:
			<b>0</b>
			F. Intervención:
			F. Emisión:
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL DE LLENADO</b>			
<b>2.2.</b>	<b>DATOS DE OPERATIVIDAD DE VÁLVULA DE CONTROL _____</b>		
<b>ÍTEM</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>COMENTARIOS</b>
1	TEST DE SOLENOIDE NO (ON/OFF):		
2	TEST DE SOLENOIDE NC (ON/OFF):		
3	CONTADOR DE ACTUACIONES DE SOLENOIDE NO*:		
4	CONTADOR DE ACTUACIONES DE SOLENOIDE NC*:		
5	PROMEDIO DE ACTUACIONES DE SOLENOIDE NO POR CADA 1000 GALONES DESPACHADOS		
6	PROMEDIO DE ACTUACIONES DE SOLENOIDE NC POR CADA 1000 GALONES DESPACHADOS		
<i>Nota:</i>			
<b>2.3.</b>	<b>INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA DE VÁLVULA DE CONTROL _____</b>		
<b>Solenoides normalmente abiertos NO</b>		<b>Solenoides normalmente cerrados NC</b>	
<b>Resultados</b>		<b>Comentarios</b>	
Clase de aislamiento de solenoides NO y NC: _____		_____	
Temperatura en solenoide NO _____		_____	
Temperatura en solenoide NC _____		_____	
<b>Parámetros</b>		<b>Datos de cámara termográfica</b>	
Emisividad _____	_____	Modelo _____	_____
Distancia _____	_____	Marca _____	_____
Temp. Atmosférica _____	_____	N° de serie _____	_____
Humedad relativa _____	_____	N° de certificado _____	_____
Fecha de calibración _____		_____	
<b>EMITIDO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>RECIBIDO POR:</b>	
<b>INSPECTOR CONTRATISTA</b>	<b>RESIDENTE CONTRATISTA</b>	<b>SUPERVISOR DE CLIENTE</b>	


	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>		Página:
			<b>3 de 4</b>
			N° Reporte:
			<b>0</b>
			F. Intervención: _____
			F. Emisión: _____
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL DE LLENADO</b>			
<b>3-</b>	<b>OBSERVACIONES</b>		
3.1			
3.2			
3.3			
3.4			
<b>4-</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>		
4.1.			
4.2.			
4.3.			
4.4			
<b>EMITIDO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>RECIBIDO POR:</b>	
<b>INSPECTOR CONTRATISTA</b>	<b>RESIDENTE CONTRATISTA</b>	<b>SUPERVISOR DE CLIENTE</b>	


	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>		Página:
			<b>4 de 4</b>
			N° Reporte:
			<b>0</b>
			F. Intervención: _____
			F. Emisión: _____
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE VÁLVULAS DE CONTROL DE LLENADO</b>			
5-	<b>REPORTE FOTOGRAFICO</b>		
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%; height: 200px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="width: 45%; height: 200px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="width: 45%; height: 200px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="width: 45%; height: 200px; border: 1px solid black;"></div> </div>			
EMITIDO POR:		REVISADO POR:	
INSPECTOR CONTRATISTA		RESIDENTE CONTRATISTA	
		RECIBIDO POR:	
		SUPERVISOR DE CLIENTE	

## Anexo C: Formato de mantenimiento predictivo de medidores de flujo


	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>			Página:	
				1 de 4	
				N° Reporte:	
			F. Intervención:		
			F. Emisión:		
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</b>					
<b>EMPRESA RESPONSABLE</b>		<b>CONTRATO</b>			
EMPRESA EJECUTORA:		N° DE CONTRATO:			
RUC:		N° DE PARTIDA:			
1-	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO</b>				
TAG:		UBICACIÓN:			
MARCA:		LÍNEA:			
MODELO:		PRODUCTO:			
N° DE SERIE:		SERVICIO:			
		TIPO DE MEDIDOR:			
		ØENTRADA/SALIDA:			
		TIPO DE CONEXIÓN:			
		RANGO DE FLUJO:			
		MÁX. PRESIÓN DE CONEXIONES:			
		HOUSING:			
		INTERNALS:			
SEALS:					
2-	<b>RESULTADOS DE INSPECCIÓN DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</b>				
2.1	<b>CHECK LIST DE MEDIDOR DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO _____</b>				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	N.A	COMENTARIOS
1	Cuenta con identificación (TAG) y se encuentra correctamente ubicada				
2	El medidor se encuentra limpio, libre de suciedad y/o polvo				
3	El recubrimiento de pintura del medidor se encuentra en buen estado				
4	Cuerpo del medidor presenta corrosión o daño mecánico				
5	Pernos de la tapa presentan deterioro y/o corrosión				
6	Presencia de fuga de producto por junta bridada o tapa del medidor				
7	El sensor de pulsos pick-up presenta daño mecánico				
8	El UPT se encuentra en buen estado mecánico exterior y con los tornillos completos				
9	El tamaño de la caja de conexiones del transmisor de pulsos es la adecuada para el tamaño de bornera y cantidad de cables alojados				
10	La caja de conexiones del transmisor de pulsos se encuentra en buen estado y hermético				
11	Tuberías y accesorios conduit presentan deterioro y/o corrosión				
12	Durante la operación el medidor emite sonidos anormales				
13	El soporte del medidor presenta deterioro de la pintura y corrosión				
14	La instalación se encuentra conforme al P&ID y al típico de montaje.				
15	El medidor se encuentra en servicio y debidamente alineado				
16	El acceso para el mantenimiento y operación son posibles y				
<b>EMITIDO POR:</b>		<b>REVISADO POR:</b>		<b>RECIBIDO POR:</b>	
INSPECTOR CONTRATISTA		RESIDENTE CONTRATISTA		SUPERVISOR DE CLIENTE	

	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>				Pagina:	
					2 de 4	
					N° Reporte:	
					0	
					F. Intervención: _____	
		F. Emisión: _____				
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</b>						
2.2	MEDICIÓN DE VIBRACIÓN DEL MEDIDOR PD ____					
2.2.1	VIBROMETRO DIGITAL EMPLEADO					
MARCA/ MODELO:			N° DE CERTIFICADO:			
N° DE SERIE:			FECHA DE CALIBRACIÓN:			
2.2.2	RESULTADOS DE MEDICIÓN					
ÍTEM	PARÁMETRO	EJE V	EJE H	EJE A	COMENTARIOS	
1	ACELERACIÓN PICO Ap(m/s <sup>2</sup> )					
2	VELOCIDAD PROMEDIO Vrms( mm/s)					
4	DESPLAZAMIENTO PICO Dp-p (mm)					
<i>V: Vertical; H: Horizontal; A: Axial</i>						
2.3	METER FACTORS DE MEDIDOR _____					
ÍTEM	# METER FACTOR	CAUDAL (GPM)	Fecha 1	Fecha 2	Fecha 2	COMENTARIOS
1	METER FACTOR 1	400				
2	METER FACTOR 2	300				
3	METER FACTOR 3	200				
4	METER FACTOR 4	100				
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">Tendencias de Meter Factor MF1 de Medidor ____</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">Tendencias de Meter Factor MF2 de Medidor ____</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">Tendencias de Meter Factor MF3 de Medidor ____</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">Tendencias de Meter Factor MF4 de Medidor ____</p> </div> </div>						
EMITIDO POR:		REVISADO POR:		RECIBIDO POR:		
INSPECTOR CONTRATISTA		RESIDENTE CONTRATISTA		SUPERVISOR DE CLIENTE		

	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>		Página:
			<b>3 de 4</b>
			N° Reporte:
			<b>0</b>
			F. Intervención: _____
		F. Emisión: _____	
<b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</b>			
<b>3-</b>	<b>OBSERVACIONES</b>		
3.1			
3.2			
3.3			
3.4			
<b>4-</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>		
4.1.			
4.2.			
4.3			
4.4			
<b>EMITIDO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>RECIBIDO POR:</b>	
INSPECTOR CONTRATISTA	RESIDENTE CONTRATISTA	SUPERVISOR DE CLIENTE	


 <p>AGL INGENIEROS SAC</p>	<p><b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="font-size: small;">Pagina:</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><b>4 de 4</b></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">N° Reporte:</td></tr> <tr><td style="text-align: center;"><b>0</b></td></tr> <tr><td style="font-size: small;">F. Intervención:</td></tr> <tr><td style="font-size: small;">F. Emisión:</td></tr> </table>	Pagina:	<b>4 de 4</b>	N° Reporte:	<b>0</b>	F. Intervención:	F. Emisión:		
Pagina:										
<b>4 de 4</b>										
N° Reporte:										
<b>0</b>										
F. Intervención:										
F. Emisión:										
<p><b>REPORTE DE INTERVENCIÓN DE MEDIDORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO</b></p>										
5-	<p><b>REPORTE FOTOGRAFICO</b></p>									
<table style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; height: 50px; border: 1px solid black;"></td> <td style="width: 50%; height: 50px; border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> <td style="width: 50%; height: 150px; border: 1px solid black; margin-bottom: 10px;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; height: 50px; border: 1px solid black;"></td> <td style="width: 50%; height: 50px; border: 1px solid black;"></td> </tr> </table>										
<p><b>EMITIDO POR:</b></p>	<p><b>REVISADO POR:</b></p>	<p><b>RECIBIDO POR:</b></p>								
INSPECTOR CONTRATISTA	RESIDENTE CONTRATISTA	SUPERVISOR DE CLIENTE								

## Anexo D: Formato de mantenimiento predictivo de sistema de detección y bloqueo por sobrellenado


		FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS				Pagina: 1 de 1	
						N° Reporte : AGL-SPSVA-___	
						Fecha de emisión: ___ / ___ / ___	
<b>SISTEMA DE DETECCIÓN Y BLOQUEO POR SOBRELLENADO</b>							
<b>Datos Técnicos:</b>	1	Identificación:		7	Tiempo de Respuesta:		
	2	Ubicación:		8	Especificaciones Eléctricas:		
	3	Marca:		9	Indicadores:		
	4	Modelo:		10	Tipo de Conexión:		
	5	N° de Serie:		11	Aprobaciones:		
	6	Temp. de Operación:					
<b>Resultados de Inspección:</b>	<b>Item</b>	<b>Descripción</b>		<b>Observaciones</b>			
	1	Caja de tarjeta de control	Superficie y Pintura Tornillos				
	2	Tuberías Conduit	Superficie y Pintura				
	3	Caja de Conexiones Sculcon	Superficie y Pintura Tornillos				
	4	Cable	Condición Amortiguador de tensión				
	5	Conector	Cuerpo				
			Tornillos				
			Contactos				
			Resorte				
	6	Indicadores de Estado:	Rojo				
Verde							
7	Operación	Sistema					
8	Rotulado:						
<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b>							
<b>Recomendaciones:</b>							
Elaborado por: _____		Revisado por: _____		Recibido por: _____			



## Anexo E: Formato de mantenimiento predictivo de Sistema automático de corte de despacho por pérdida de puesta a tierra

	<b>FORMATO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE EQUIPOS Y SISTEMAS</b>				Pagina: 1 de 1	
					N° Reporte : AGL-SPSVA-____	
					Fecha de emisión: __/__/____	
<b>SISTEMA AUTOMATICO DE CORTE DE DESPACHO POR PERDIDA DE PUESTA A TIERRA</b>						
<b>Datos Técnicos:</b>	1	Identificación:		7	Tiempo de Respuesta:	
	2	Ubicación:		8	Especificaciones Eléctricas:	
	3	Marca:		9	Indicadores:	
	4	Modelo:		10	Tipo de Conexión:	
	5	N° de Serie:		11	Aprobaciones:	
	6	Temp. de Operación:				
<b>Resultados de Inspección:</b>	<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>			<b>Observaciones</b>	
	1	Caja de tarjeta de control	Superficie y Pintura Tornillos			
	2	Tuberías Conduit	Superficie y Pintura			
	3	Caja de Conexiones Sculcon	Superficie y Pintura Tornillos			
	4	Cable	Condición Amortiguador de tensión			
	5	Plug/Clamp	Cuerpo Tornillos Contactos Resorte			
	6	Indicadores de Estado:	Rojo Verde			
	7	Operación	Sistema			
	8	Rotulado				
	<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b>					
<b>Recomendaciones:</b>						
Elaborado por: _____			Revisado por: _____		Recibido por: _____	

## Anexo F: Formato de mantenimiento predictivo de inyectores de aditivos

 <b>INFORME DE INTERVENCIÓN DE INYECTOR DE ADITIVO: ICM-AGL-V-___-202_</b>					
Fecha de emisión: ___/___/___		Código: AGL-INST-VIC-C		Versión: 01	
Página: 1 de 1					
1. Solicitante: _____					
Dirección: _____					
2. Datos de Instrumento de Medición:					
<u>Datos del Controlador:</u>			<u>Datos del Inyector</u>		
Identificación:	_____	N° de posición:	_____		
Marca:	_____	Marca:	_____		
Modelo:	_____	Modelo:	_____		
N° de Serie:	_____	Aditivo:	_____		
Puente/Isla N°:	_____	N° de Serie:	_____		
Producto:	_____	Receta de inyección:	_____		
Tipo de Controlador:	_____	Rango de Caudal:	_____		
3. Lugar de Calibración: _____					
4. Fecha de Calibración: ___/___/___					
5. Metodo: Considerando el Procedimiento SI2-12-19					
6. Datos de Patrón utilizado:					
Marca:	_____	Identificación:	_____		
Capacidad Nominal:	_____	Certificado N°:	_____		
División mínima:	_____	Fecha calibración :	_____		
7. Resultados de Calibración					
Factor de Medición	Volumen Registrado en Controlador (ml)	Volumen Indicado en Probeta (ml)	Desviación (ml)	Incertidumbre (ml)	Error Máximo Permisible (+/- ml)
8. Conclusión:					
_____					
_____					
9. Observaciones y Recomendaciones:					
_____					
_____					
_____					
Elaborado por: _____		Revisado por: _____		Recibido por: _____	

## Anexo G: Matriz de Consistencia

## Matriz de Consistencia

TITULO: "PERFECCIONAMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES Y SISTEMAS DE ADITIVACIÓN EN EMPRESA DE HIDROCARBUROS, LURÍN, EL AÑO 2022"

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODO Y DISEÑO
<b>Problema general</b> ¿Cómo influye el mantenimiento predictivo en la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos ubicada en Lurín	<b>Objetivo general</b> Diseñar e implementar un plan de mantenimiento predictivo para mejorar la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en la empresa de hidrocarburos de Lurín durante el año 2022.	<b>Hipotesis general</b> El diseño e implementación de un plan de mantenimiento predictivo mejora la eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación en la empresa de hidrocarburos de Lurín durante el año 2022.	<b>Variable independiente:</b> Mantenimiento predictivo.  <b>Variable dependiente:</b> Eficiencia del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación	<b>Método</b>  <b>Temporal:</b> El estudio es de tipo transversal y se realizó entre Setiembre 2021 – setiembre 2022  <b>Espacial:</b> Por qué se realizó en la ciudad de Lima, distrito de Lurín
<b>Problema específico 1</b> ¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en el tiempo de parada no planificado del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?	<b>Objetivo específico 1</b> Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en el tiempo de parada no planificado del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación	<b>Hipotesis Específica 1</b> El mantenimiento predictivo influye en el tiempo de parada no planificado del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos		
<b>Problema específico 2</b> ¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en la disponibilidad del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?	<b>Objetivo Específico 2</b> Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en la disponibilidad del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación	<b>Hipotesis Específica 2</b> El mantenimiento predictivo influye en la disponibilidad del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos		

<p><b>Problema específico 3</b></p> <p>¿En qué medida influye el mantenimiento predictivo en el costo de mantenimiento del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos?</p>	<p><b>Objetivo Especifico 3</b></p> <p>Determinar cómo influye el mantenimiento predictivo en el costo de mantenimiento del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación</p>	<p><b>Hipótesis Especifica 3</b></p> <p>El mantenimiento predictivo influye en el costo de mantenimiento del sistema electrónico de control de despacho de combustibles y sistemas de aditivación de la empresa de hidrocarburos</p>		
---	--	--	--	--