



Universidad  
**Inca Garcilaso de la Vega**

FACULTAD DE INGENIERIA ADMINISTRATIVA E  
INGENIERIA INDUSTRIAL

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Implementación de un Programa de Mantenimiento de los Equipos de  
Protección Contra Incendios de la Planta Perú LNG para Mejorar su Eficacia  
de Protección en el Área de Procesos

Para optar el Título Profesional de

**Ingeniero Administrativo**

Autor:

Bachiller: Manrique Fernández Prada Ricardo Luis

Asesor:

Mg. Barriga Herrera Cesar

**Lima - Perú**

**2022**

# Implementación de un Programa de Mantenimiento de los Equipos de Protección Contra Incendios de la Planta Perú LNG para Mejorar su Eficacia de Protección en el Área de Procesos

## INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://peruling.com">peruling.com</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://www.monografias.com">www.monografias.com</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.congresogasnatural.com.pe">www.congresogasnatural.com.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado a Dios padre todo poderoso por estar a mi lado en todo momento sin él nada es posible, a mis hijas y a mi esposa Miriam mi eterna compañera, que me ha dado las fuerzas necesarias para seguir adelante*

*A mis padres y hermanas, que me ayudaron en mi formación como buen hijo y hermano, con los principios, valores y lealtad solidificando nuestra unión familiar.*

*A los compañeros, desde un inicio interactuamos y nos hemos apoyado desde las redes sociales, plataforma de estudios para conseguir un objetivo común que es la titulación.*



## AGRADECIMIENTO

A mi esposa Miriam, quien en todo momento me brindó su amor y paciencia para acompañarme en todo este viaje, desde mi primer día en la universidad hasta lograr la titulación.

Agradezco a la universidad Inca Garcilaso de la Vega por permitirme formar parte de su familia y formarme como un profesional exitoso.

Agradezco además al grupo de estudios y a nuestro asesor Mg. César Barriga, que, con mucho esfuerzo, y dedicación no ayudó a conseguir este objetivo para el beneficio de todos.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	1
ABSTRACT & KEYBOARD .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	5
1.1 DATOS GENERALES .....	5
1.2 ACTIVIDAD PRINCIPAL.....	6
1.2.1 Productos .....	8
1.2.2 Partes Interesadas .....	10
1.2.3 Organigrama de la Planta Perú LNG.....	15
1.2.4 Certificaciones.....	16
1.2.5 Premios y Reconocimientos .....	16
1.3. RESEÑA HISTORICA Y REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	19
1.3.1 Reseña Histórica de la Empresa .....	19
1.3.2 Realidad Problemática de la Empresa .....	21
1.3.3 Definición del Problema.....	23
1.3.4 Identificación de la causa .....	29
1.3.5 Análisis Crítico y Planteamiento de Alternativas.....	32
1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE EL BACHILLER REALIZÓ SUS ACTIVIDADES.....	35
1.5.1 Seguridad y Salud Ocupacional .....	35
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	37
2.1. MARCO TEÓRICO GENERAL.....	37
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	37
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	40
2.2. MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO .....	43
2.2.1 BASE TEÓRICA DEL MANTENIMIENTO.....	43
2.2.2 Análisis de Criticidad .....	48
2.2.3 Marco Conceptual .....	50
2.2.4 Marco Legal .....	55
CAPITULO III. APLICACIÓN PROFESIONAL.....	58
3.1 CONTEXTO LABORAL – SITUACIONAL .....	58

### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL BACHILLER

59

CAPÍTULO IV. APLICACIÓN PRÁCTICA.....	62
4.1. DESARROLLO PRÁCTICO DE LAS CONTRIBUCIONES PLANTEADAS POR EL BACHILLER EN LA EMPRESA .....	62
4.1.1 Síntesis de la Realidad Problemática.....	63
4.1.2 Desarrollo del caso .....	63
4.1.3 Aplicación y Análisis .....	65
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES .....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	98
ANEXOS .....	101
ANEXO 1 .....	102



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro estadístico de la distribución de los hidrantes y monitores en las instalaciones de la planta de procesos .....	29
<b>Tabla 2.</b> Cuadro estadístico de equipos testeados conforme a la NFPA 25.....	31
<b>Tabla 3.</b> Formato para la prueba de hidrantes contra incendios.....	75
<b>Tabla 4.</b> Formato para la prueba de hidrantes contra incendios.....	76
<b>Tabla 5</b> Descripción de las partes de todos los equipos contra incendios para su reposición de accesorios según el manual NIBCO .....	82
<b>Tabla 6 .</b> Manual NFPA 25 Aplicado para los equipos contra incendios a base de agua. ....	87
<b>Tabla 7.</b> Propuesta de gastos para la capacitación por un Ingeniero especialista.....	92
<b>Tabla 8.</b> Propuestas de gastos para la capacitación uso de equipos contra incendios .....	92
<b>Tabla 9.</b> Resultados de las capacitaciones .....	92
<b>Tabla 10.</b> Cronograma de Plan de Inspección y pruebas para los equipos contra incendios.....	93
<b>Tabla 11.</b> Formato de prueba de hidrante.....	94
<b>Tabla 12.</b> Formato de inspección para Hidrantes y Monitores.....	95

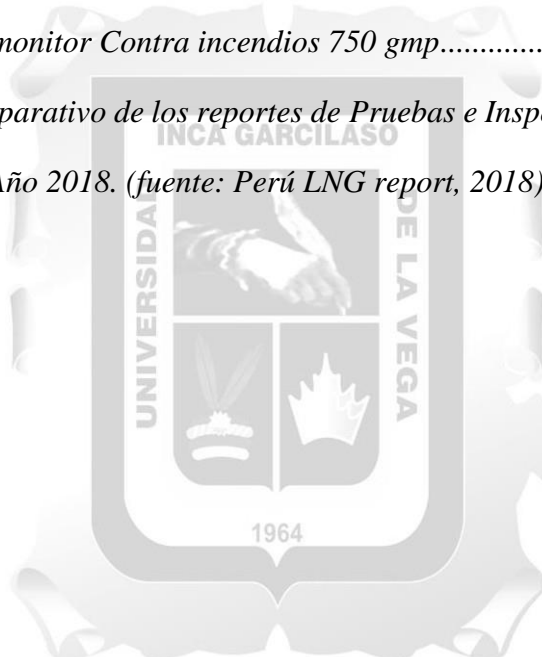
## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Vista de la Planta Perú LNG .....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2. Vista geográfica de la Planta de Procesos Perú LNG.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Vista panorámica de la Planta Perú LNG .....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4. Marco estadístico de exportación del gas natural licuado LNG .....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5. Vista Panorámica del tren de Procesos de la Planta Perú LNG .....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6. Cuadro de participación de acciones de las partes interesadas que conforman la sociedad Perú LNG .....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 7. Flujograma de Jerarquía en la Planta Perú LNG.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8. Alcance de las certificaciones al Sistema de Gestión para Perú LNG .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 9. Perú LNG recibe premio de responsabilidad social CARE 2010.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10. PERU LNG recibe reconocimiento por programas de responsabilidad social emprendidos en Costa y Sierra.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 11. PERU LNG gana primer lugar en premio de Creatividad Empresarial .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 12. PERU LNG recibe distinción ABE como un buen empleador .....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 13. Prueba Funcional de los equipos Aspersores Contra incendios en el área de Isotanques Etileno Planta Perú LNG .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 14. Reporte de Prueba de Flujo de Hidrantes y Monitores 2013 .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 15. Prueba de flujo de los equipos contra incendios de la Planta de procesos.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 16. Hallazgos durante la inspección y prueba de los hidrantes y monitores contra incendios del área de procesos.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 17. Cuadro de porcentaje de hidrantes instalados en la Planta de Procesos.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 18. Diagrama de Ishikawa .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 19. Variables Causa o Variable Independiente / Variable Efecto o Variable Dependiente.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 20. Diagrama de Pareto ascendente de fallas de los equipos contra incendios.....</i>	<i>32</i>



<b>Figura 21.</b> Para empresas de alta producción en Minería o Hidrocarburos se usa un software o KPI para medir la eficiencia y disponibilidad de los equipos o maquinaria	50
<b>Figura 22.</b> Equipo Monitor Contra incendio	51
<b>Figura 23.</b> Prueba Funcional de un hidrante contra incendios en el área de procesos	52
<b>Figura 24.</b> Práctica de ejercicio contra incendio en el área de Procesos, tomando a prueba los sistemas de protección contra incendios, ejercicio simulado en el 2017	60
<b>Figura 25.</b> Una de mis principales actividades era el entrenamiento del personal de respuesta a emergencias usando los equipos de protección contra incendios como Hidrantes, Monitores, etc	61
<b>Figura 26.</b> Esquema Inicial	65
<b>Figura 27.</b> Listado de Hidrantes Contra Incendios Área de Procesos	65
<b>Figura 28.</b> Listado de Monitores Contra Incendios del Área de Procesos	66
<b>Figura 29.</b> Inventario de Hidrantes Monitores Contra Incendios de la Planta de procesos	67
<b>Figura 30.</b> Presión Inicial 160 PSI en el Punto más remoto de la Red del Sistema Contra Incendios (Hidrante Monitor HZ-7680, Bog Compressor)	69
<b>Figura 31.</b> Tabla de galonaje AKRON, que es la fabricación del sistema Pitot para cálculo de galonaje	71
<b>Figura 32.</b> Hidrante Monitor HZ-7680, Bog Compressor	72
<b>Figura 33.</b> Tubo Pitot instalado en la boquilla del Hidrante Monitor, donde nos debe brindar un cálculo hidráulico de 1800 gpm	72
<b>Figura 34.</b> Desarrollo de la prueba de galonaje a 160 psi, se evidencia la sobredimensión de galonaje que lleva el hidrante monitor ubicado en la parte más lejana de la planta de procesos	73
<b>Figura 35.</b> Prueba de Flujo de los equipos contra incendios	74
<b>Figura 36.</b> Ejemplar de la NFPA 25 para las pruebas de Hidrantes	78
<b>Figura 37.</b> Partes del accesorio de un Hidrante contra incendios	78

<b>Figura 38.</b> <i>Manual de Hidrantes contra incendios</i> .....	79
<b>Figura 39.</b> <i>Monitor Contra incendios de 750 GMP</i> .....	79
<b>Figura 40.</b> <i>Hidrante Monitor / Hidrante Terminal Marino (Jetty)</i> .....	80
<b>Figura 41.</b> <i>Equipos Hidrantes Contra incendios de la planta de procesos del terminal Marino (Jetty)</i> .....	80
<b>Figura 42.</b> <i>Hidrante del terminal Marino (Jetty) de conexión internacional</i> .....	81
<b>Figura 43.</b> <i>Válvula 2 ½ “ AKRON BRASS serie 800</i> .....	83
<b>Figura 44.</b> <i>Tapa de bronce de 2 ½” de las boquillas de los hidrantes</i> .....	83
<b>Figura 45.</b> <i>Válvula de apertura de hidrante de 250 Lbs. WWP (Work Water Presion)</i> .....	84
<b>Figura 46.</b> <i>Cuerpo del monitor Contra incendios 750 gmp</i> .....	85
<b>Figura 47.</b> <i>Cuadro comparativo de los reportes de Pruebas e Inspección de equipos contra incendios Año 2013 vs Año 2018. (fuente: Perú LNG report, 2018)</i> .....	91



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La Planta de Gas Natural Perú LNG se encuentra ubicada en la carretera panamericana sur en el Km 169 en el distrito de Cañete en las afueras de las pampas conocida como Melchorita. Es la primera Planta de Gas Natural Licuado de América del Sur, con una inversión internacional de \$3.800 mil millones de dólares, la inversión más importante en la historia del rubro de hidrocarburo del Perú. Perú LNG. La Planta cuenta con una infraestructura que asombra al mundo, unos tanques de almacenamiento de gas Natural licuado con una altura de más de 50 metros, considerados los más grandes de Sudamérica. La Planta entró en operación el 10 de Junio del 2010, con ello los arranques y desgastes al que fueron sometidos algunos equipos iban notándose, los equipos de protección contra incendio no eran ajenos a este problema, la ausencia de un programa de mantenimiento para los equipos contra incendios instalados en el área de procesos fue el reto que me sirvió plasmarlo para efectos de este Trabajo de Suficiencia Profesional, usando toda la información posible y recolectando los informes y alcances para poder elaborar el programa desarrollado. Para el desarrollo de este programa se ha implementado la metodología NFPA que nos permite analizar las recomendaciones de NFPA 25 en cada equipo contra incendios, obteniendo los resultados del análisis NFPA 25 se ha permitido implementar el programa de mantenimiento de los equipos contra incendios, mejorando su eficacia hasta el día de hoy.

**Palabras Clave: Implementación, Mantenimiento, Protección Contra Incendios, Eficacia.**

**IMPLEMENTATION OF THE MAINTENANCE PROGRAM FOR THE FIRE  
PROTECTION EQUIPMENT OF THE PERU LNG PLANT TO IMPROVE ITS  
PROTECCION EFFECTIVENESS IN THE PROCESS AREA**

The LNG Plant Perú LNG located in the Panamericana Sur Km 169 Highway Cañete District on the outskirts on known as Pampa Melchorita. It is the first Liquefaction Natural Gas in South America, with an international investment of \$3.8 billion dollars, the most important investment in the gas & oil business in Perú. Peru LNG has a process plant with an infrastructure that amazes the word, with 2 Liquefaction Natural Gas Storage Tank with a height than more 50 meters, considered the largest in all South America. The Plant behind the operation on June 10, 2010 with this stars and wear to which some equipment was subjected were noticing,, the fire protection equipment was not unrelated to this problem, the absence of the maintenance program for the fire equipment against installed in the process area was the challenge that helped me capture in for purpose of this Aptitude professional work , and research using all possible information and collecting the reports and scope to be able to prepare the developed program. For report and scope to be able to prepare the developed program. For the development of the program, NFPA 25 methodologic has been implemented, which allows us to analyze the failure an effect, effect as per each fire equipment obtained the results of the analysis, we immerse ourselves, in the solution with 8 phases that AMEF methodologic and under NFPA Standards, has been allowed implement the maintenance program to firefighting equipment improving this effectiveness during the emergency.

**Keyboard:** Schedule, Implementation, Maintenance, Firefighting Equipment, Effectiveness, Improvement.

## INTRODUCCIÓN

Debido a que la planta Perú LNG no cuenta con un programa de mantenimiento para equipos contra incendios para mejorar su eficiencia en la planta de procesos desde que la Planta entró en operación en el año 2010, los equipos contra incendios como los hidrantes y monitores presentaban diversas fallas aparentemente por causas que se desconocía. Teniendo como objetivos plantearlos para este trabajo de investigación:

Es necesario analizar el origen de las fallas y los problemas de los equipos contra incendios a fin de mejorar su eficiencia en la protección asignada en el área de procesos de la Planta Perú LNG.

Es necesario determinar y conocer la prioridad de un mantenimiento basado en el análisis NFPA a los equipos contra incendios, a fin de mejorar su eficiencia y c Es necesario tener al personal técnico, competente y capacitado para inspeccionar, realizar las pruebas y el mantenimiento de todos los equipos de protección contra incendios del área de procesos de la planta Perú LNG.

Capítulo 1: se hace referencia de los datos generales de la empresa y sus características.

Capítulo 2 : Se hace referencia al Marco Teórico, desde la parte general acerca de la importancia de los equipos contra incendios en las plantas de gas natural, antecedentes internacionales en internacionales, englobado a un marco teórico específico.

Capítulo 3: Es el contexto situacional donde se hacer referencia a las actividades, roles y responsabilidades que ha realizado el bachiller en el área laboral que enriquezca el trabajo de investigación presente.

Capítulo 4: En este capítulo se presenta los aportes prácticos que haya realizado el bachiller para el desarrollo de este trabajo de investigación, como demostrar que un programa de mantenimiento completo pueda mejorar la eficiencia de los equipos contra incendios de la planta Perú LNG y cómo es que la metodología NFPA puede aportar a este programa obtenga los resultados que la organización necesita.

Finalmente, las conclusiones mencionadas en base a los hallazgos analizados en el trabajo de investigación, sumado a ello, están las recomendaciones que invitan a implementar nuevos programas y alcances a las áreas mencionadas, como las capacitaciones actualizadas y certificadas al personal usuario de los equipos contra incendios.



## CAPÍTULO I. INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

### 1.1 DATOS GENERALES

La Planta Perú LNG conocida con el nombre de Planta Melchorita, por su ubicación geográfica, fue diseñada en el 2003 con la finalidad de ser la Primera Planta de Gas Natural Licuado de Sudamérica. La infraestructura de la compañía empieza por el procesamiento, instalaciones anexas y terminal portuario para buques metaneros o gaseros, así mismo la planta cuenta con un gaseoducto. La Planta Melchorita es la inversión más importante en el sector de hidrocarburos a nivel nacional, con un costo aproximado de \$3.800 millones. Perú LNG con su operadora Hunt son empresas que se encargan de las actividades de procesamiento de hidrocarburos, es decir están en su mayoría relacionadas a la conversión de del Gas Natural del lote 56 y 88 en Gas Natural Licuado y su posterior carga de Gas Natural Licuado en buques tanques y camiones cisterna.

#### **Figura 1.**

*Vista de la Planta Perú LNG*



**Nota:** En Junio del 2010 la Planta de Perú LNG entró en operación. (Fuente: [www.perulng.com](http://www.perulng.com))

1.1.1. **Razón social** PERU LNG S.R.L.

1.1.2. **RUC:** 20506342563

1.1.3. **Dirección:** Calle Las Palmeras Nro. 435 Dpto. 302 San Isidro – Lima Perú.

1.1.4. **Contacto:** Lic. Johnson Encalada Basto – Representante Legal

## **1.2 ACTIVIDAD PRINCIPAL**

En junio del 2010 entró en marcha la planta de Licuefacción de gas natural Perú LNG, iniciando la operación de uno de los proyectos más grande desarrollados en el Perú, es la primera planta de licuefacción de gas en Sudamérica que entrega el gas natural desde Ayacucho y atraviesa Huancavelica, Ica finalmente Lima hasta la zona donde se ubica la Planta PERU LNG.

Perú LNG es la empresa que opera la planta de procesos de gas natural licuado, la misma que hoy en día posiciona al Perú como líder en la industria de gas licuado que hoy en día se comercializa dentro del mercado nacional e internacional. PERU LNG cuenta con un gasoducto que comprende 408 kilómetros de gasoducto de alta presión con un diámetro nominal de 34”, el cual transporta Gas Natural desde el punto de partida en el sistema del Gasoducto de TGP hasta la Planta de Licuefacción de Gas Natural ubicada a la altura de los Kilómetros 167 a 170 de la Carretera Panamericana Sur, distrito de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima; la planta incluye además un Terminal Marino para la carga y exportación de Gas Natural Licuado e instalaciones de un terminal de carga de GNL en camiones cisternas. (PeruLNG, 2019).

### **Ubicación geográfica de las instalaciones**

Pampa Melchorita como planta de procesos se encuentra ubicada entre los Kilómetros 167 a 170 de la Carretera Panamericana Sur, distrito de Cañete, provincia de



Cañete, Departamento de Lima; la planta incluye además un Terminal Marino para la carga y exportación de GNL e instalaciones de un terminal de carga de GNL en camiones cisterna.

## Plano de ubicación de la planta de gas natural licuado

**Figura 2.**

*Vista geográfica de la Planta de Procesos Perú LNG*



**Nota:** Vista satelital de la ubicación geográfica de la Planta Perú LNG en las Pampas Melchorita en el distrito de Cañete – Lima Perú (fuente: [www.perulng.com](http://www.perulng.com))

### Figura 3.

#### Vista panorámica de la Planta Perú LNG



**Nota:** Google Maps de la ubicación geográfica de la planta de procesos localizado en las Pampas Melchorita Km 169 Panamericana Sur. (fuente: [www.google.com](http://www.google.com))

#### 1.2.1 Productos

Fue en junio 2010 que durante el gobierno del Presidente de la Republica Dr. Alan García Pérez, la planta pasó por su primera fase de arranque, tomando como referencia las válvulas de Apertura de subestación de gas del ducto proveniente de Ayacucho con la finalidad de ingreso hacia la planta de procesos.

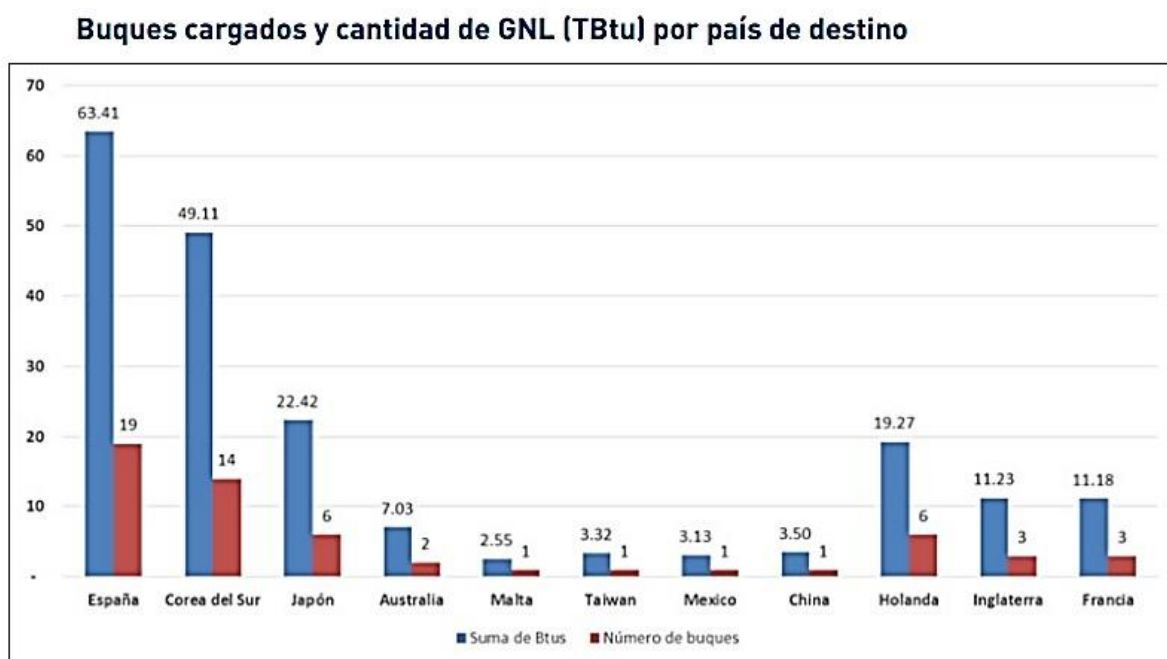
Pampa Melchorita es operada por la americana Hunt LNG Operating Company SAC y desde su diseño como la primera planta de gas natural licuado de Sudamérica impactó con la infraestructura que asombra el mercado nacional. El gas Natural proveniente del Lote 56 y 88 ingresa por el área de recepción conocido como Inlet Gas luego pasa por un proceso de deshidratación y calentamiento para retirar el CO2 del gas y como el gas natural peruano tiene muy poco concentrado de Mercurio, pasa por unos canales de remoción de este elemento, por último el Propano se encargaría de enfriar el gas a una temperatura criogénica de  $-163^{\circ}\text{C}$ , es importante recordar que el Gas Natural tiene un alto porcentaje de Metano

98% por ello se ha tomado en cuenta llevar un proceso de embarque hacia los buques metaneros. Luego del embarque, los buques salen a exportar el gas natural licuado por el mercado Europeo, Asiático y Norte americano.

Perú LNG desde el año 2010 se encarga a la exportación de Gas Natural Licuado que cubre el mercado comercial Internacional, así como también el mercado doméstico e industrial a nivel nacional. El GNL producido en el desde hace 10 años por PERU LNG y comercializado por SITME (Shell International Trading Middle East) se destinó principalmente a Reino Unido, Corea del Sur, Japón, Holanda, China , otros destinos de Europa, y América del Norte. (PeruLNG, 2019)

**Figura 4.**

*Marco estadístico de exportación del gas natural licuado LNG*



**Nota:** *El gas natural licuado durante los últimos años ha sido fuente importante de exportación para la economía del país” (fuente: memoria anual 2019 Perú LNG)*

## **Figura 5.**

*Vista Panorámica del tren de Procesos de la Planta Perú LNG.*



*(fuente: HuntLNG, 2017)*

### **1.2.2 Partes Interesadas**

#### **Partes Internas**

Los Accionistas, este grupo está integrado por Hunt Oil Company, con su participación del 50% de acciones, Shell Gas B.V. con el 20%, SK Innovation Co. con el 20% y Marubeni Corporation con el 10%. En la actualidad Hunt Oil Company es el operado de la planta Perú LNG a través de su sede HUNT LNG. Para la etapa de construcción se invirtieron más de 4 Billones de Dólares Americanos para la ejecución de este proyecto, fue considerado por la National Geography como uno de los megaproyectos latinoamericanos más importante del mundo.

## Figura 6.

Cuadro de participación de acciones de las partes interesadas que conforman la sociedad Perú LNG.

LOS PROMOTORES DE PERU LNG	
Titularidad	Participación (%)
Hunt Oil Company	50
Shell Gas B.V.	20
SK Innovation Co. Ltd.	20
Marubeni Corporation	10

Fuente: Elaboración propia.

(fuente: HuntLNG, 2017)

## Los Trabajadores,

Más de 4000 mil empleos se sucedieron durante la etapa de construcción para la planta Perú LNG, personas de todas partes del mundo llegaron a contribuir en cada parte de la planta de procesos, terminal marino y un gasoducto considerado el más grande de Sudamérica con más de 400 km de tubería que recorre la cordillera andina. Actualmente la planta es operada por un grupo de 2000 mil profesionales, entre ellos el personal Operador Técnico que como se describe es el operado de la planta que recibe el gas natural en su estado gaseoso y lo convierte en estado líquido. Para ello, se necesitó una preparación de más de 3 años en el Instituto Superior Tecnológico TECSUP y algunos meses de pasantía en el extranjero como las Planta de LNG en Texas y Canadá. Todos ellos con alta preparación en Petroquímica basadas en los efectos Joule Thompson que permite operar la planta criogenizada a menos de 163C° temperatura del Gas Natural licuado.

## Partes Externas:

**Contratos con el estado peruano,** el 12 de enero de 2006 se celebró un convenio de inversión para la instalación, operación y mantenimiento de una planta de procesamiento de gas natural (en adelante, convenio de inversión). Para ello, se consideró el régimen de



contrato-ley que prohíbe la modificación o enmienda unilateral de sus términos. El convenio de inversión fue suscrito por representantes de PERU LNG y el Estado peruano, representado por la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) del Ministerio de Energía y Minas, con la intervención del Banco Central de Reserva del Perú (BCR). El convenio establece, entre otros términos, lo siguiente: (i) PERU LNG tendrá la propiedad exclusiva de la Planta de GNL y sus instalaciones conexas (incluido el Ducto), pudiendo disponer del GNL producido y exportarlo libremente; disposiciones sobre la inversión e PERU LNG destinada a construir y operar la Planta de GNL y sus instalaciones conexas; y garantías para PERU LNG y sus accionistas, relacionadas a los tributos, los derechos de importación y la moneda extranjera. El convenio de inversión, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2006-EM, conforme con los términos de la ley de promoción para la inversión en plantas de procesamiento de gas natural, concedió a PERU LNG el derecho a la estabilidad tributaria y cambiaria, así como otras garantías establecidas en la ley de promoción por un plazo de cuarenta años. Posteriormente, el 5 de julio de 2010, se modificó el convenio de inversión mediante una escritura pública con el fin de incluir el anexo D, denominado “Acuerdo para el incremento y uso de la capacidad de transporte del ducto principal”. Este acuerdo fue suscrito entre Transportadora de Gas del Perú S.A. y PERU LNG, en concordancia con lo establecido en el artículo 81 del reglamento de transporte de hidrocarburos por ductos, aprobado por el Decreto Supremo N° 081-2007-EM. (PeruLNG, 2019).

**Las comunidades,** bajo diversos programas de monitoreo social y ambiental se incorpora la participación de las comunidades ubicadas en el área de influencia del gasoducto como monitores de desempeño ambiental y social. Gracias al éxito del proyecto, se fortalecieron las relaciones de colaboración con las comunidades locales, basadas en la información y el mutuo respeto. En el programa participaron 77 monitores locales de 56 comunidades: 39 en Ayacucho, 24 en San Miguel y 14 en Chíncha y Pisco. Todos los

monitores son capacitados constantemente. En el monitoreo ambiental se analizan los posibles cambios en el medio ambiente; mientras que en el monitoreo social se verifica la entrega de información, se coordina con las autoridades y se supervisa el cumplimiento de compromisos. ProNaturaleza, la ONG encargada de implementar el programa inició su trabajo estableciendo contactos con las comunidades locales y analizando los estudios de impacto ambiental. Con esa información elaboró el plan de monitoreo. Luego diseñó un plan de comunicaciones para informar a las comunidades sobre el objetivo del plan de monitoreo y sobre el programa de capacitación para preparar a los monitores de las propias comunidades. (PeruLNG, 2019)

**Entidades de Control Estatal**, OSINERGMIN ha cumplido un rol gravitante en la industria del gas natural en los últimos 10 años. Mediante el ejercicio autónomo de sus facultades reguladoras y supervisoras en el sector energía, ha brindado a esta industria reglas claras y una supervisión eficaz en materia de seguridad industrial y control de calidad. Asimismo, ha regulado tarifas eficientes que reconocen los costos de las inversiones de las empresas concesionarias (brindando una rentabilidad razonable para los proyectos de inversión en el sector), y ha fijado precios competitivos y aplicado incentivos que han puesto el gas natural al alcance del sector eléctrico, la industria manufacturera y las grandes mayorías. Por otro lado, OSINERGMIN es el garante de las inversiones, al cumplir su función de ejecutor público de las normas aplicables a la industria del gas natural, reduciendo la discrecionalidad de la administración pública en el sector y atendiendo los reclamos de los usuarios del servicio público de gas. Este rol se cumple con transparencia, autonomía y alta calidad técnica. (OSINERGMIN, 2019).

**Entidades Financieras**, en junio 2008 Perú LNG anunció que ha obtenido \$2,250 millones de dólares en préstamos de diversas agencias para financiar la construcción del proyecto PERU LNG. El proyecto de PERU LNG representa la inversión extranjera directa

más grande de la historia del Perú con un costo estimado que asciende a \$3,800 millones de dólares, incluyendo gastos de financiamiento. PERU LNG es un consorcio conformado por Hunt Oil Company de Dallas, Texas (líder del proyecto, con una participación de 50%), SK Energy de Corea del Sur (con una participación de 20%), Repsol YPF de España (con una participación de 20%) y Marubeni del Japón (con una participación de 10%).

«PERU LNG es el proyecto de inversión privada más grande de la historia del Perú que contribuirá significativamente con el crecimiento económico del Perú, asumiendo un rol mucho más activo dentro de la economía Mundial» declaró Barbara Bruce, Gerente General de PERU LNG.

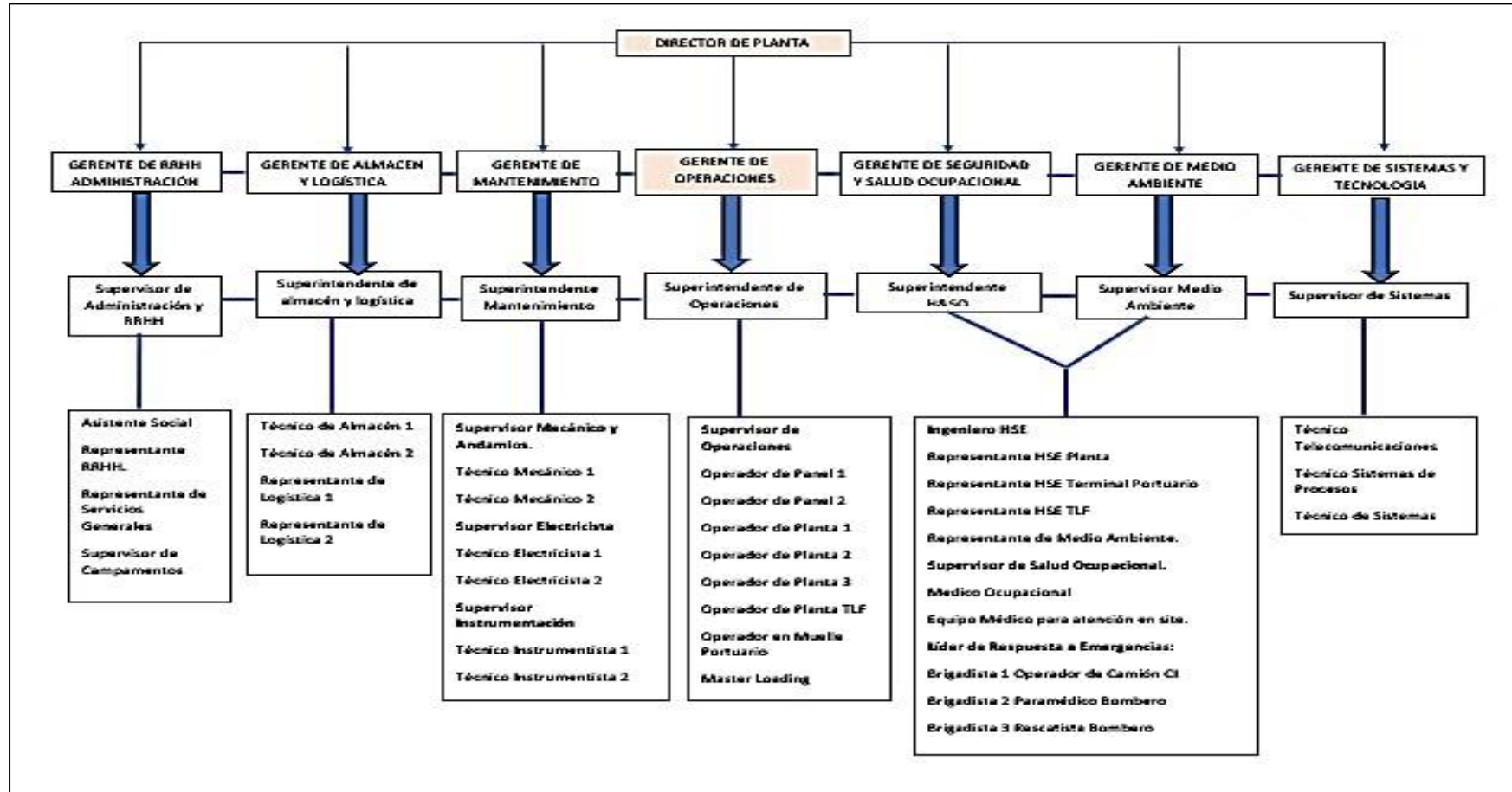
El financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo constituye el mayor préstamo en la historia de este Banco. La participación del BID en el Proyecto de PERU LNG representa un nuevo umbral en su capacidad de préstamo, que anteriormente tenía un límite de \$200 millones para cualquier proyecto. Por su parte, el préstamo del IFC es, hasta la fecha, el más grande en la historia de Latinoamérica. (PERULNG, PERU LNG JUNTA ANUAL , 2010) ([www.perulng.com](http://www.perulng.com)).



### 1.2.3 Organigrama de la Planta Perú LNG

Figura 7.

Flujograma de Jerarquía en la Planta Perú LNG



(fuente: elaboración propia)

## 1.2.4 Certificaciones

La Planta Perú LNG en el año 2013 obtuvo la certificación ISO 9001 / ISO 14001.

Así mismo en los años 2015 y 2018 obtuvo la recertificación ISO 14001 y alcanzó la certificación ISO 45001.

### Figura 8.

*Alcance de las certificaciones al Sistema de Gestión para Perú LNG*

PERU LNG S.R.L. TERMINAL PORTUARIO MELCHORITA CARRE. PAN. SUR KM 163 15700 PROV. CAÑETE, DPTO LIMA Perú		
		
Management System ISO 14001:2015 ISO 45001:2018 www.tuv.com ID 9105076577		
3 sistemas de gestión certificados		
Tipo de Certificado	Alcance de la Certificación	Detalles
ISO 45001	Natural Gas Transport and Liquefaction, Liquefied Natural Gas Storage and Dispatch	<a href="#">9105076577</a>
ISO 9001	LNG shipment and provision of Towing, Pilotage, Mooring and Unmooring Basic Port Services.	<a href="#">9105076577</a>
ISO 14001	Natural Gas Transport and Liquefaction, Liquefied Natural Gas Storage and Dispatch.	<a href="#">9105076577</a>

**Nota:** La Planta Perú LNG en el año 2013 alcanzó la certificación de las normas ISO y en el año 2018 alcanzó la recertificación por la trinorma ISO (fuente: memoria anual Perú LNG 2019).

## 1.2.5 Premios y Reconocimientos

**2010 El Comité de Administración de Recursos para Capacitación (CAREC) otorga el premio de responsabilidad social**, es una organización compuesta por representantes de las industrias del mercado de hidrocarburos que promueve diversos programas relacionados a la responsabilidad social y tecnológica creando vínculos sociales de gestión empresarial a empresarios y proveedores locales de Cañete y Chincha. (PERULNG, 2010).

**Figura 9.**

*Perú LNG recibe premio de responsabilidad social CAREC 2010.*



(fuente: PERULNG, PERU LNG JUNTA ANUAL , 2010)

2019 la empresa Perú LNG bajo el programa **Emprendimiento Costa y Sierra** recibe un reconocimiento por su programa de Monitoreos Marino y Sanitarios, esta premiación fue auspiciada por la Sociedad Nacional de Minería, petróleo y energía. (PeruLNG, 2019)([www.perulng.com](http://www.perulng.com)) .

**Figura 10.**

*PERU LNG recibe reconocimiento por programas de responsabilidad social emprendidos en Costa y Sierra.*



(fuente: PeruLNG, 2019)

**PERU LNG gana primer lugar en premio de Creatividad Empresaria** En Noviembre del 2011 otorgada por la universidad de Ciencias Aplicadas UPC. (PERULNG, 2010)([www.perulng.com](http://www.perulng.com))

**Figura 11.**

*PERU LNG gana primer lugar en premio de Creatividad Empresarial*



(fuente: [www.perulng.com](http://www.perulng.com))

**Según la Memoria Anual 2013 PERU LNG recibe distinción como un buen empleador:** En mayo 2013 Perú LNG obtuvo la certificación ABE de la Asociación de Buenos Empleadores, entidad sin fines de lucro patrocina por la Cámara de Comercio Americana del Perú. (PERULNG, EL BUEN EMPLEADOR, 2013)([www.perulng.com](http://www.perulng.com))

**Figura 12.**

*PERU LNG recibe distinción ABE como un buen empleador.*



(fuente: [www.perulng.com](http://www.perulng.com))

### **1.3. RESEÑA HISTORICA Y REALIDAD PROBLEMÁTICA**

#### **1.3.1 Reseña Histórica de la Empresa**

El proyecto Perú LNG dió a inicio a un hito mundial, desde el año 2003 los estudios de Impacto ambiental se llevaron a cabo con la Internacional Americana CB&I Chicago Bridge and Iron, esta empresa trajo la tecnología de estudios Químicos y Petroquímicos de diversas nacionalidades, se dieron más de 4000 mil puestos de trabajo para iniciar la construcción de lo que sería la planta de procesos en el año 2006.

Por otro lado, la Multinacional Argentina TECHINT con su tecnología SCADA se llevaron la planificación de la extensión del gasoducto sur peruano de 408 kilómetros desde Camisea Lote 56 y 88 hasta Pampa Melchorita Cañete (PeruLNG, 2019).

En el año 2008 nace un consorcio bastante interesante entre las constructoras ODEBRECHT / SAIPEM / JEAN DE NOUL con ellas nació el Consorcio CDB MELCHORITA, quienes construirían el Terminal Marino y la infraestructura completa de los rompeolas, usando una nave de Dragado y batimetría constante en suelo marino, el terminal marino tendría un recorrido de largo de 1,2 km, así como el rompeolas que tendría unos 800 metros de largo y 25 metros de ancho.

En el año 2010 la Planta entro en la fase final de la construcción y es donde en Junio de ese mismo año, se apertura la válvula de ingreso hacia la planta de procesos para dar a inicio al arranque de la primera planta de gas natural licuado de toda Sudamérica, iniciando un reto para el mercado nacional en las actividades de hidrocarburos.

La norteamericana Hunt LNG se encargaría de la Operación completa de la planta de procesos liderada por el Ing. Douglas Shanda como Gerente de Operaciones y todo un equipo de lideres profesionales de la central Hunt Oil Company.

Para la operación de la Planta llegaron a preparar a profesionales del Instituto técnico TECSUP en operación y mantenimiento de equipos de alta tecnología en Criogenización de Hidrocarburos y Gas Natural, ellos en el año 2008 y 2009 llevaron una capacitación Profesional en Texas USA, Holanda y Alemania bajo la dirección de los directores australianos Ing. Andrew Cooper y el Ing. Paul O'Connor con los avances tecnológicos de ese entonces para planta de procesos de Gas Natural con elementos Metano, Propano y Etileno como ingredientes principales para la Licuefacción del Gas Natural.

Para el año 2012 nuevamente se vuelve a cumplir un objetivo para la organización, llegaba el embarque N°100 con ello, el Perú lograba obtener una buena posición a nivel mundial en exportar Gas Natural Licuado al mercado europeo, especialmente la Reino Unido, para ese entonces la empresa inglesa SHELL GAS tenía a disposición como accionista sus propios buques metaneros con destino a Europa, ello facilitaría los despachos de embarques en el terminal portuario de Pampa Melchorita.

Para el año 2017, se construyó un terminal Terrestre de despacho de Gas Natural Licuado, en camiones cisterna especialmente diseñadas para este tipo de transporte, con ello se impulsaría la masificación en el uso industrial, comercial y doméstico porque sería distribuido para el mercado nacional.

Siendo el año 2019 se realiza el embarque número 500 y para el 2020 a pesar de pasar momentos delicados de salud mundial por una pandemia que afectó a miles de personas y paralizó muchas actividades industriales.

Se espera que para los próximos años entre el 2023 y 2024 el gobierno peruano envíe la aprobación para la construcción de un tercer tanque de gas natural licuado que será usado para consumo nacional, debido a la alta demanda de este recurso para la industria de hoy en día y llegue a las viviendas de todo el Perú.



### **1.3.2 Realidad Problemática de la Empresa**

#### **Fallas en los Sistemas de Protección Contra Incendios**

Junio del 2012, un incendio en la Planta de Gas Natural Cheniere en Houston Texas fue la preocupación de 15 Unidades de Bomberos industriales al intentar controlar el incendio dentro del tren de procesos, el sistema contra incendio fue fundamental para mitigar la emergencia de manera pasiva, el uso de monitores contra incendios de 1200 gpm y los hidrantes contra incendios superan los 2500 gmp para enfriar las estructuras y evitar el colapso de la Planta de LNG Cheniere, una de las plantas más importantes de Estados Unidos en a lo que exportación de gas natural licuado refiere, con una suma de exportación de más de 153 millones de metros cúbicos por barco, según refiere la internacional Henry Hub Argumental. Para poder controlar la emergencia fue fundamental contar con los equipos contra incendios en buenas condiciones y en el galonaje de ataque preciso, según declaró Michael Wilmot Firefighter Industrial & Fire Chief TEEX Houston Texas.

La planta Perú LNG está ubicada en el Km 167 de la carretera Panamericana Sur, en la salida del distrito de Cañete Lima y llegando a al Distrito de Chincha Ica, conocido también como Pampa Melchorita, muy cerca de las playas pesqueras de Melchorita, Huachama y El Silencio, como se sabe el ambiente salitroso y corrosivo empezó a ser un problema crucial para los equipos de la planta de procesos, en especial para los equipos instalados protección contra incendios instalados.

### Figura 13.

*Prueba Funcional de los equipos Aspersores Contra incendios en el área de Isotankes Etileno Planta Perú LNG*



**Nota:** La prueba de Aspersores contra Incendios debe realizarse de manera semestral bajo el índice del caudal, una manera fácil de verificar el buen flujo es que el sistema cubra de manera efectiva y total el Isotankes en menos de 45 segundos. (NFPA25, 2011) ([www.huntlng.com](http://www.huntlng.com))

Como se ha descrito, el sistema de protección contra incendios se volvió vulnerable ante la crisis ambiental entre los desgastes por corrosión y salubridad en el agua al momento de usar el flujo de caudal de agua de mar entre las tuberías que van hacia los hidrantes y monitores en diversos simulacros y entrenamientos realizados dentro de la planta de procesos.

Esto se volvió un problema no registrado ni siquiera en los sistemas activos de confiabilidad para equipos, desconocido para el personal de mantenimiento porque el problema inicial era si los equipos Hidrantes y Monitores deberían estar presurizados a una presión de Planta de 8 Bares (116 psi), los equipos empezaron a presentar problemas de empaque y retenes, fugas de agua o lo que fue peor no se podían aperturar las válvulas haciendo que los equipos vayan quedando inoperativos poniendo en riesgo el Sistema de Protección contra incendios de la planta de procesos.



### 1.3.3 Definición del Problema


A lo largo del proceso de una inspección y recorrido por todos los equipos contra incendios se ha detectado las siguientes fallas:

- Fuga de agua por falla de la Válvulas de 5" ocasionando que la tapa de salida quede presurizada, quedando inoperativo el equipo para una emergencia y con una tapa presurizada a 160 psi podría ocasionar una lesión al personal usuario.
- Falla de empaque de la válvula Butterfly de 5".
- La válvula principal de apertura presenta falla por falta de mantenimiento del vástago, los equipos no pueden aperturar.
- Válvulas de apertura de 2 ½" presentan fallas en el cierre, hay presencia de corrosión.
- Cuerpo de los hidrantes, Monitores y los Hidrantes Monitores contra incendios presentan corrosión.
- Fallas en el sistema de mantenimiento y de inspección.
- Personal a cargo del mantenimiento no cuenta con las competencias para brindarle solución al problema.
- No se cuenta con un proveedor de suministros de repuestos local por ser productos importados.
- Mal uso aplicación de los equipos contra incendios.
- En diversas ocasiones se ha tenido que parar las operaciones de carga y de procesos al no presentar las garantías de seguridad en lo que a seguridad de procesos requiere.
- Hay un alto incremento de costos por mantenimientos correctivos.
- Fallas constantes de fugas de agua y falta de apertura de los equipos cuando han sido requeridos.

- Los equipos que presentan fallas no cumplen la NFPA 25, han sido observados en diversas auditorias por OSINERGMIN.

**Figura 14.**

*Reporte de Prueba de Flujo de Hidrantes y Monitores 2013.*



**PERU LNG**

**Fire Hydrants, Monitors and Hydrant Monitors Annual  
Operability Test Report - 2013**

---

**Section 3: Findings**

- 87 hydrants, monitors and hydrant monitors, from a group of 164, passed the operability test without observations.
- 70 hydrants, monitors and hydrant monitors passed the test with minor observations. The valve has passed water causing pressurization of the 5" storz caps.
- 3 hydrants did not pass the test because of the 5" butterfly valve packing displacement (NIBCO).
- 2 hydrants located in the Permanent Camp are partially obstructed.
- 2 hydrants located in the contractor's camp are blocked by the main valve.
- Nozzles monitors without lubrication.
- It is observed the presence of corrosion on the studs, bolts, wheel and valve stem.
- Handles valve "ELKHART" 2.5" present hardening to open, due to lack of maintenance.

**Nota:** *Este informe se elaboró con la finalidad de reportar a gerencia las condiciones de los equipos contra incendios. (ANUAL REPORT TEST, 2013) ([www.huntlng.com](http://www.huntlng.com))*

**Figura 15.**

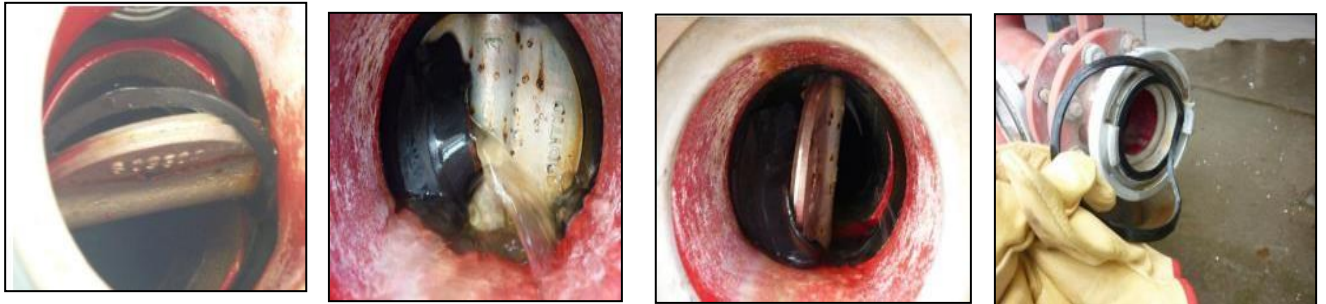
*Prueba de flujo de los equipos contra incendios de la Planta de procesos*



**Nota:** *En las fotografías se pueden observar la realización de las pruebas de los equipos contra incendios para detectar fallas de operatividad en las válvulas de apertura y demás accesorios. (NFPA25, 2011)([www.nfpa.com](http://www.nfpa.com))*

**Figura 16.**

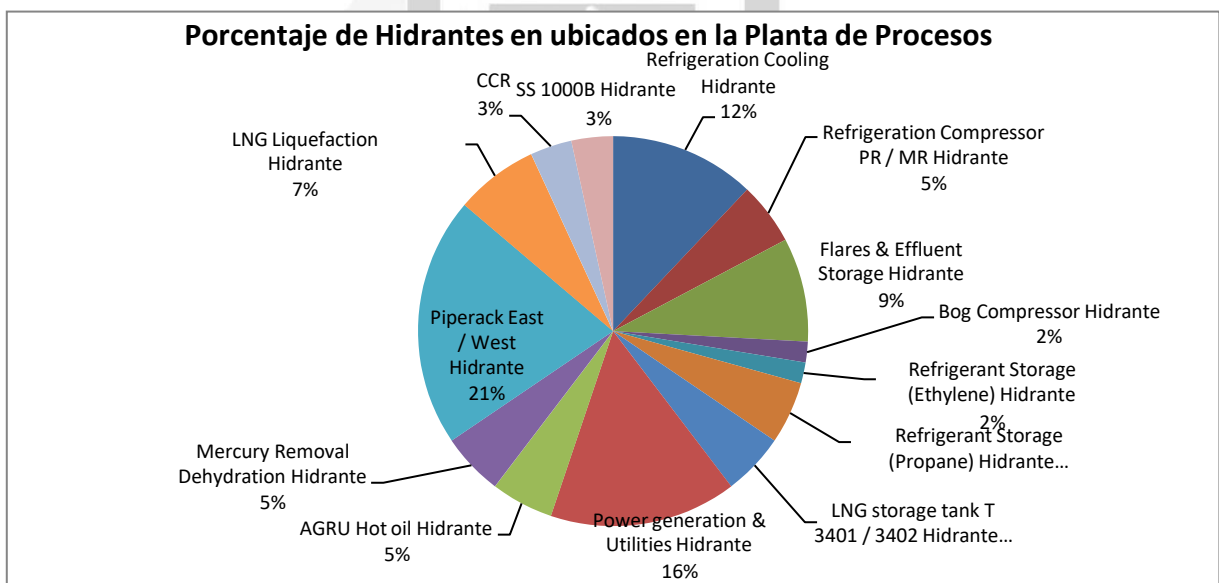
*Hallazgos durante la inspección y prueba de los hidrantes y monitores contra incendios del área de procesos*



**Nota:** Durante las pruebas de los hidrantes y monitores contra incendios se puede evidenciar las fallas de los accesorios y presencia de corrosión, inhabilitando la operatividad de estos equipos contra incendios. (NFPA25, 2011)([www.nfpa.com](http://www.nfpa.com))

**Figura 17.**

*Cuadro de porcentaje de hidrantes instalados en la Planta de Procesos*



**Nota:** Son un total de 164 hidrantes y monitores contra incendios, estos equipos son parte de la primera línea de protección contra incendios. (LNG, 2013)([www.huntlng.com](http://www.huntlng.com))

En resumen, el total de los equipos contra incendios 164 equipos testeados en el año 2013 se obtuvo estos resultados:

- 53% (87 equipos) de los equipos pasaron la prueba sin observaciones.

- 43% (70 equipos) presentaron observaciones de fuga de agua, falta mantenimiento para la corrosión.
  - 4% (7 equipos) no pudieron ser aperturados, falla en el cuerpo del hidrante, demasiada corrosión.
  - Los equipos se encuentran ubicados en las áreas más críticas del área de procesos.
- En base a estos antecedentes, analizaremos el siguiente problema:

- Fallas de los Equipos de Protección Contra Incendios en la Planta Perú LNG.

### **Problema General**

¿Cómo puede impactar un Programa de Mantenimiento de los Equipos de Protección Contra Incendios de la Planta de Perú LNG y mejorar la eficacia de protección en el área de Procesos?

### **Problemas Especifico:**

#### ➤ **Problema Específico 1**

¿Cómo impacta una Prueba de la Red Contra Incendios a los equipos contra incendios a fin de mejorar su eficacia en la protección en el área de procesos de la planta Perú LNG?

#### ➤ **Problema Especifico 2**

¿Cómo impacta la realización de las pruebas de los hidrantes y monitores contra incendios a fin de mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG?

#### ➤ **Problema Especifico 3**

¿Cómo impacta el análisis de los accesorios y componentes de todos los equipos hidrantes y monitores contra incendios para mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG?

➤ **Problema Especifico 4**

¿Cómo Impacta la realización de una nueva prueba de equipos contra incendios (hidrantes y monitores) con los nuevos accesorios y componentes, a fin de mejorar y registrar su mejora en la protección en el área de procesos de la planta Perú LNG?

**Problema Especifico 5**

¿Cómo Impacta la realización de las capacitaciones al personal usuario de los equipos contra incendios (hidrantes y monitores) para la mejora de las competencias y certificaciones en el uso de los equipos instalados en el área de procesos de la planta Perú LNG?

**Problema Especifico 6**

¿Cómo Impacta la elaboración de un cronograma de Inspección, Pruebas y Mantenimiento para mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG?

**Objetivo General**

Implementar un Programa de Mantenimiento de los Equipos de Protección Contra Incendios de la Planta de Perú LNG para mejorar la eficacia de la protección en el área de Procesos.

**Objetivo Especifico**

➤ **Objetivo Especifico 1**

Realizar una prueba de toda la red (tuberías internas y externas) en los equipos de protección contra incendios, para mejorar su eficacia en el área de procesos de la planta Perú LNG.

➤ **Objetivo Especifico 2**

Realizar las pruebas de flujo de agua a los equipos contra incendios (hidrantes y monitores) para mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

➤ **Objetivo Especifico 3**

Realizar un estudio o análisis de los accesorios y componentes de los equipos contra incendios (hidrantes y monitores), para mejorar su eficacia en la protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

➤ **Objetivo Especifico 4**

Realizar las pruebas de los equipos contra incendios (hidrantes y monitores) ya con los nuevos accesorios y componentes instalados a base de la norma NFPA 25, a fin de que quede registrado la mejora de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

➤ **Objetivo Especifico 5**

Realizar las capacitaciones a todo el personal usuario en los equipos contra incendios (hidrantes y monitores) de manera registrable y plasmado en un cronograma.

➤ **Objetivo Especifico 6**

Elaborar un cronograma de Inspección y Prueba de los equipos Contra Incendios a fin de mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

**Tabla 1.**

*Cuadro estadístico de la distribución de los hidrantes y monitores en las instalaciones de la planta de procesos.)*

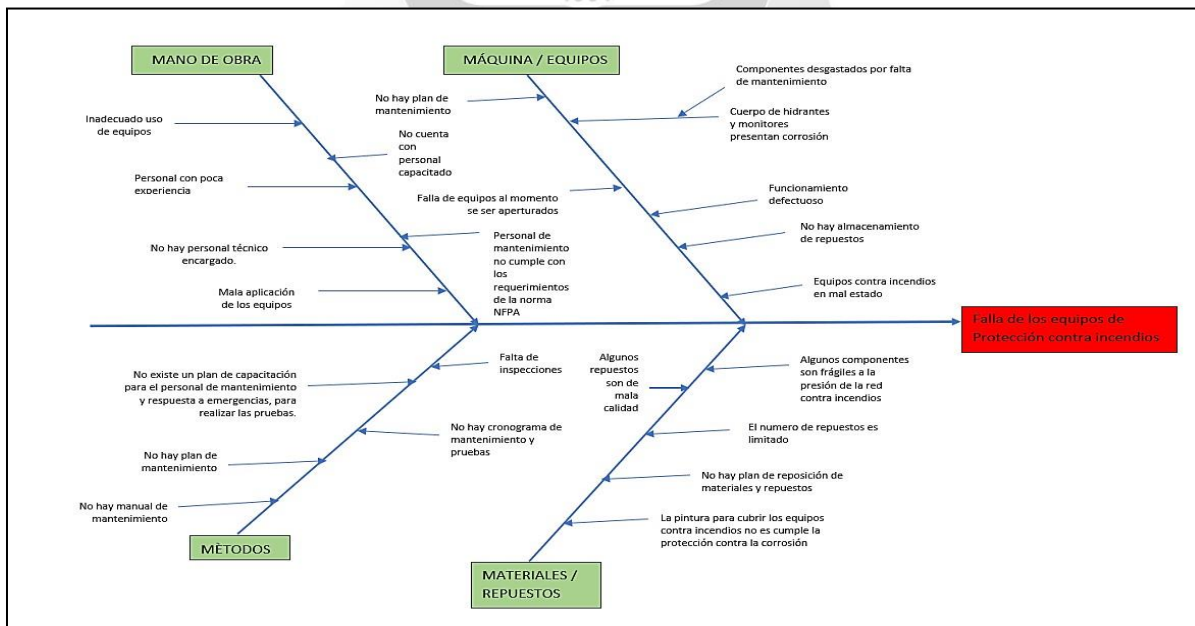
Inventario de Hidrantes, Monitores, Hidrantes Monitores				
Areas	Hidrantes	Monitor	Hidrante Monitor	Total
Operations	58	23	16	97
Jetty	5	2	4	11
Waste Treatment	3	0	0	3
Fuel Station	2	0	0	2
Admin Building	3	0	0	3
Workshop	2	0	0	2
Warehouse	3	0	0	3
Perm. Camp	13	0	0	13
Peru LNG Camp	9	0	0	9
Contractor Camp	21	0	0	21
<b>Suma Total de equipos</b>	<b>98</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>164</b>

*(fuente: elaboración propia)*

### 1.2.4 Identificación de la causa

**Figura 18.**

*Diagrama de Ishikawa*



*(fuente: elaboración propia)*

- **Mano de Obra:**

1. Inadecuado uso de equipos
2. Personal a cargo con poca experiencia
3. No hay personal técnico mecánico adecuado y preparado
4. Mala aplicación de los equipos.
5. No hay personal capacitado.
6. Personal de mantenimiento no cumple los requerimientos de la norma NFPA.

- **Maquinas / Equipos**

1. No hay plan de mantenimiento.
2. Falla de equipos al momento de ser aperturados.
3. Componentes desgastados por falta de mantenimiento.
4. Cuerpo de hidrantes y monitores presentan corrosión
5. Funcionamiento defectuoso
6. No hay almacenamiento de repuestos
7. Equipos contra incendios en mal estado.

- **Métodos**

1. No existe un plan de capacitación para el personal de mantenimiento y de repuesta a emergencias, para realizar las pruebas y las inspecciones.
2. No hay plan de mantenimiento de equipos.
3. No hay manual de instalación y mantenimiento
4. No hay Cronograma de mantenimiento y pruebas.

- **Materiales / Repuestos**

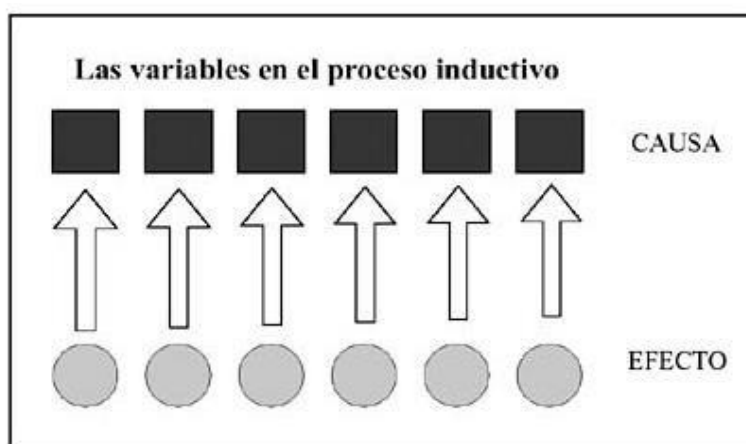
1. Algunos componentes son frágiles a la presión de la red contra incendios.
2. El número de repuestos es limitado.



3. Algunos repuestos son de mala calidad.
4. No hay plan de reposición de materiales y repuestos.
5. La pintura para cubrir los equipos contra incendios no cumple la propiedad anticorrosión.

**Figura 19.**

*Variables Causa o Variable Independiente / Variable Efecto o Variable Dependiente*



(Fuente: Revista Sociedad Química del Perú).

**Tabla 2.**

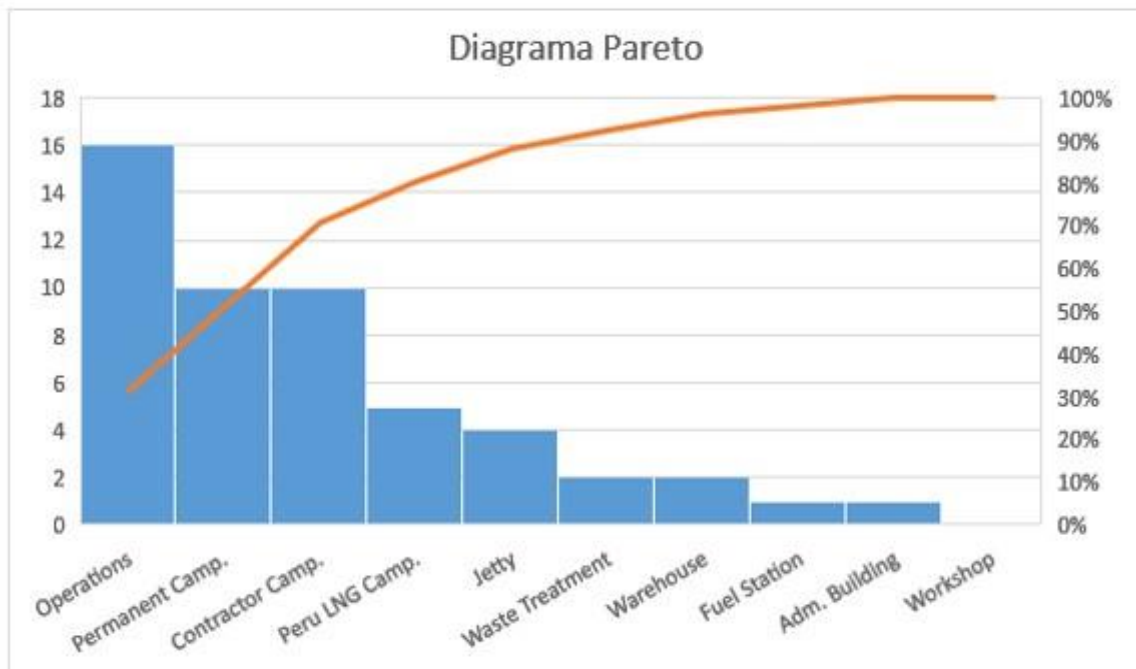
*Cuadro estadístico de equipos testeados conforme a la NFPA 25. (LNG, 2013)*

HIDRANTES, MONITORES HYDRANTES, MONITORES TESTEADOS						
Áreas	Hidrantes	Monitores	Hidrante Monitor	Paso con observaciones	Pasó sin Observaciones	Falla de la prueba
Operations	16	10	6	32	65	32
Jetty	4	0	1	5	6	5
Waste Treatment	2	0	0	2	1	2
Fuel Station	1	0	0	1	1	1
Adm. Building	1	0	0	1	2	1
Workshop	0	0	0	0	2	0
Warehouse	2	0	0	2	1	2
Permanent Camp.	10	0	0	10	3	10
Peru LNG Camp.	5	0	0	5	4	5
Contractor Camp.	10	0	0	10	11	10
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>68</b>	<b>96</b>	

**NOTA:** Cuadro estadístico de equipos testeados conforme a la NFPA 25 (fuente: elaboración propia)

**Figura 20.**

*Diagrama de Pareto ascendente de fallas de los equipos contra incendios.*



*(fuente: elaboración propia)*

### **1.3.5 Análisis Crítico y Planteamiento de Alternativas**

#### **Análisis Crítico.**

Luego de haber analizado de forma detallada las fallas de los equipos contra incendios de la planta de procesos de Perú LNG podemos decir que la Planta de procesos podría pasar a un borde de peligro si no se cuenta con un programa que lidere el mantenimiento de forma eficaz, medible y trazable a los equipos contra incendios, a fin de mejorar su eficiencia ante una emergencia.

Las consecuencias podrían ser catastróficas si no se cuentan con programa que mejore el planeamiento del mantenimiento de estos equipos, dentro de la Planta de procesos se llevan a cabo diversos programas de carga de diversos Gases como Propano, Etileno y Metano, altamente inflamables y ante una emergencia, los equipos contra incendios deben estar al 200% operativos para las diversas estrategias de combate de incendios o emergencias por fuga de gas.

## **Planteamiento de Alternativas**

Luego de haber analizado la criticidad de nuestro problema, se presentan las siguientes alternativas de solución:

### **Mantenimiento usando la técnica del Análisis Modal Efecto Fallo (AMEF)**

Una de las grandes ventajas que tiene esta metodología es que es de bajo costo que te permite compararla con otras metodologías aplicadas a esta problemática. Esta metodología brinda muchas alternativas de solución a la empresa ya que te permite identificar los problemas de manera detallada, una vez usada esta metodología es probable que la empresa genere una buena cantidad de inversión, aunque esto depende de la gravedad del problema y la cantidad de equipos comprometidos en las fallas. La finalidad de esta metodología es reducir o minimizar los fallos, comenzando por los problemas más graves que se presentan en la empresa.

### **La Norma NFPA 25 Inspección, Prueba y Mantenimiento de Equipos contra incendios a base de agua**

Pilar necesario para poder realizar un plan de mantenimiento y así poder desarrollarlo con cada equipo de protección contra incendio, donde podemos poner a prueba la operatividad de los equipos en base a pruebas de flujo de agua, como si fuera una real necesidad y con ello investigar las fallas y causas de su deterioro y mantenimiento.

### **Evaluación de las Alternativas de Solución**

Todas las alternativas metodológicas propuestas en este trabajo de investigación como NFPA son buenas y fueron recomendadas por especialistas en el campo de sistemas contra incendios, sin embargo, es válido plantear las opciones de la siguiente manera:

## **NFPA:**

- Requiere por lo menos 1 personal especialista para poder implementar la metodología NFPA según aplique.
- Una de las ventajas importantes, es que conforme se va ejecutando las pautas que indica la norma, se va aprendiendo de manera fácil y certificada las características del sistema o equipo a intervenir.
- En su mayoría de veces se implementa de manera inmediata posterior a un mantenimiento, esto es recomendable para un plan de estudio o mantenimiento.
- No requiere de mucho personal para su implementación y es de bajo costo

## **1.4 MISION, VISION Y**

### **VALORES Misión:**

Llegar a alcanzar los primeros lugares como productores y exportadores del Gas Natural licuado con la calidad a nivel mundial, libre de cualquier daño o accidente a la persona, a la propiedad y al medio ambiente, con un alto compromiso social hacia nuestras comunidades y trabajadores.

### **Visión:**

Alcanzar la excelencia de producción a nivel global con la más alta eficiencia profesional, desarrollando un alto desempeño laboral, social y ambiental.

### **Valores:**

#### **Respeto al Individuo:**

Se respeta la libre opinión, religión e ideología social de cada uno de los trabajadores.

### **Trabaja con Seguridad:**

Unos de los principales valores que fortalece a Perú LNG, es el trabajo en equipo y su seguridad en todos los campos y disciplinas.

### **Crecimiento y Oportunidades:**

Seguimos optando por la opción crecimiento individual y Grupal en toda la organización y familia Perú LNG.

## **1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE EL BACHILLER REALIZÓ SUS ACTIVIDADES**

### **1.5.1 Área 1**

QHSE Quality Health Safety Enviromental (Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente) es el área donde me forme como Bachiller en Ingeniería Administrativa, dicha área es la encargada de velar por el cumplimiento de los procedimientos de Seguridad, políticas de calidad y medio ambiente, elaborando planes de salud integral y ocupacional para los trabajadores de la organización y sus familiares.

El área imparte las capacitaciones, inducciones y compromete de manera reciproca y eficaz las normas, las matrices de identificación de peligro y control de riesgo de primera línea IPERC, con las auditorías internas y externas que nos ayudan de una manera medible y trazable las eficiencias y falencias del comportamiento de la línea de mando, alta dirección, operadores y demás contratistas que se encuentran en las instalaciones de la planta de procesos.

Para la planta de procesos, se elaboró un plan de estudio de Impacto Ambiental debido a que se trabaja con productos inflamables como Metano, Propano y Etileno, los

controles ambientales de disposición de residuos, control de manipulación y almacenamiento de agua potable, es importante resaltar que la planta de procesos cuenta con 2 Plantas de Tratamiento de Agua PTAR, como también una planta desalinizadora por osmosis inversa.



## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. MARCO TEÓRICO GENERAL

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

**Según Alexis Vladimir Mora García 2007 en el trabajo de tesis “Evaluación de los riesgos involucrados en el almacenamiento, transporte y distribución de Gas Natural” para la Universidad de Nacional Autónoma de México, Coyoacán en México** donde manifiesta lo siguiente:

En este trabajo la tesis demuestra que el gas natural es un hidrocarburo peligroso cuyo elemento principal es el Metano, que si no se maneja con un adecuado cuidado puede afectar de manera considerable a la población y al medio ambiente en un desastre de grandes proporciones, especialmente si se transporta en su estado líquido.

Se mencionan propuestas de medidas de seguridad y prevención que pueden aplicarse para evitar o controlar un incendio, cabe mencionar que su aplicación depende de un análisis de riesgo profesional debido a los diversos factores a considerar. Para alcanzar varios objetivos planteados en este trabajo de tesis obtenidos de una especialización en una maestría, las más importantes fueron: capacidad de plantear problemas complejos en problemas más sencillos, adquisición y selección de información especializada, análisis crítico de información, elaboración de premisas y comprobación, pensamiento estructurado y organizado, capacidad de sintetizar, evaluando los resultados, sometiendo a pruebas de eficiencia, entre otros (Alexis Mora García, 2007).

**Según H Pequignot y M. Bertín (Francia 1989) en sus comentarios en el Boletín OIEA Vol. 22 Tendencias de los riesgos resultantes del uso del gas.** El gas es un elemento considerado actualmente una de las fuentes de energía que plantea menos problemas ecológicos y sanitarios. Por diversas razones este artículo menciona una dura situación desde

el punto de vista de criticidad para la industria del rubo de hidrocarburos que procesan y almacenan este importante elemento. Cuando el gas fabricaba a partir del carbón, para ello los riesgos inminentes y propios de la extracción del carbón no se añadía a los riesgos específicos para el Gas y lo mismo sucede con aquellos productos derivados del petróleo que desde luego viene del gas natural (Pequignot, 1989).

El análisis de cuatro incidentes principales de riesgo en el manejo de GNL producidos en el mundo durante los últimos 60 años ha sido determinante para aumentar la seguridad de las nuevas instalaciones, como la de la planta de procesos Perú LNG:

**CLEVELAND:** En Cleveland, Ohio en octubre de 1944 donde una facilidad de GNL de cobertura de demanda de horas pico construida en 1941, y donde el racionamiento y escasez de aleaciones de acero inoxidable durante la Segunda Guerra Mundial dio lugar a ciertos compromisos en el diseño de un nuevo Tanque de GNL con acero de bajo contenido de níquel. Este bajo contenido de níquel hizo al tanque frágil a las temperaturas extremadamente bajas del GNL y condujo a que dicho tanque fallara poco después de su puesta en servicio permitiendo el escape de GNL y la formación de una nube de vapor que llenó las calles circundantes y el sistema de desagües de agua pluvial. La ignición resultante e incendio involucraron a las residencias y establecimientos comerciales cercanos; Se produjeron 128 muertes, 225 heridos, 79 viviendas y 224 vehículos destruidos y el área afectada resultó ser de aproximadamente una milla cuadrada.

Desde entonces al presente (60 años) ningún otro incidente de GNL de tal magnitud ha ocurrido en los EE. UU. (PeruLNG, 2018).

**STATEN ISLAND:** El accidente de Staten Island en febrero de 1973 ocurrió después de que una planta de cobertura de demanda pico de GNL desocupó un tanque de GNL y en la inspección se encontró desgarramientos en los recubrimientos de Mylar



(poliéster) usados en esa época. Durante las reparaciones, vapores asociados al parecer con el proceso de limpieza encendieron al recubrimiento de Mylar. El fuego resultante causó una elevación de la temperatura del tanque, generando suficiente presión como para desplazar el techo de hormigón de 6” de espesor que entonces cayó sobre los trabajadores que reparaban el tanque matando a 40 personas. El reporte del Departamento de Bomberos de la Ciudad de Nueva York de Julio de 1973 determinó que el accidente era claramente un accidente de trabajo de construcción y no un accidente de GNL.

La tecnología de plantas de GNL ha adelantado grandemente con respecto al incidente de Cleveland, Un reciente informe por la firma consultora de ingeniería PTL concluyó que, si el tanque de GNL de Cleveland fuera construido según los códigos actuales, este accidente no habría sucedido. De hecho, los tanques de GNL apropiadamente construidos de acero inoxidable de 9% de níquel nunca han tenido fallas por agrietamiento en más de 35 años de utilización. El NFPA 59A actualizado periódicamente (en 2001 y en 2005 las últimas), proporciona al presente materiales aprobados y distanciamientos seguros para emplazamiento de las facilidades de GNL, así como medidas de seguridad en los diseños para evitar consecuencias de ese tipo.<sup>964</sup>

Los materiales y diseños de los tanques usados en el accidente de Staten Island al presente están prohibidos. Como resultado del incidente de se efectuaron tres cambios mayores en los códigos de diseño de la planta antes de su reapertura. Esos cambios son ahora aplicados en toda la industria. (PeruLNG, 2018) ([www.perulng.com](http://www.perulng.com))

### **Experiencia mundial en el Mantenimiento de Equipos Contra Incendios**

Los Estados Unidos en el año 2003 con diversos programas y estudios de mantenimiento integral, correctivo, predictivo y preventivo, se llegó a analizar las estructuras del acero al carbono por bronce y tuberías de HDPE, con ello diversos programas

de escuelas contra incendios en Texas en esencial A&M University College Station mencionaron en el año 2007 que el aluminio que estaban fabricados la bocatomas de los hidrantes, no llegaban a mantener su desempeño y la integridad debido a las condiciones climáticas tan agresivas, con ello Williams Brothers S.A y AKRON fusionaron los metales dándose a conocer el Duroaluminio y el Bronce para los acoples con hilo de rosca NH14, los hermanos Williams crearon los equipos que hoy en día se vienen usando, equipos contra incendios de alta resistencias, portátiles y de un mantenimiento fácil y recambiable, esto llevo diversos años de estudios con la finalidad de alcanzar los performance que las NFPA aplicable para cada equipo contra incendios exige, bajo las pruebas de flujos, curvaturas de flujo de agua para equipos de alta presión, etc. ([www.shell-usgp.com](http://www.shell-usgp.com)).

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

**Según Eulogio Gomero Luna (2012) en su trabajo de tesis “implementación de un sistema de integrado de prevención de riesgos en una planta de GLP” Universidad Nacional de Ingeniería Lima Perú,** donde en las siguientes conclusiones nos dice:

Se debe establecer un grupo especializado en la responsabilidad de controlar en forma segura, adecuada y oportuna una fuga de gas o cualquier escenario de riesgo que pudiera suceder en la planta de procesos. Optimizando los recursos y materiales disponibles y diseñados como primera barrera de protección, estableciendo medidas de implementación de riesgos en un plan de contingencia involucrando las medidas de colaboración ante cualquier desastre o accidente (EulogioGomeroLuna, 2012).

**Según el Ing. Felipe Gonzales Cruz (2015) en su Estudio de riesgos para la empresa EESS San José Espinar Cusco S.R.L, titulada: “Estudio de Riesgos para planta envasadora de gas licuado de petróleo – Arequipa”** donde en sus conclusiones nos dice:

Se ha logrado identificar 34 escenarios de riesgos, 13 (38.2%) escenarios de RIESGO ALTO, 15 (44.1%) riesgo medio y por último 8 (23.5%) que representan bajo riesgo. Con ello se establecen las medidas de seguridad aplicadas en el proceso para que los riesgos Altos y Medios disminuyan y así implementar un programa de medidas preventivas, de controles y mitigaciones para cada uno de los escenarios, como, por ejemplo:

Implementar y verificar que el programa de seguridad basada en la inspecciones y mantenimiento de los equipos de carga del GNL se cumplan, que sistema de protección contra incendios cumpla lo necesario para su operatividad.

Un programa de inspección y mantenimiento de tuberías de agua y redes contra incendios.

Un cronograma de inspección y revisión de las válvulas manuales y automáticas de emergencia.

Dentro del programa de seguridad, se debe comprobar que plan de señalizaciones para almacenamiento cumpla con lo establecido en la norma internacional NFPA 704 (*NFPA 704 es la norma estadounidense que explica el "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, utilizado para comunicar los peligros de los materiales peligrosos*) (Ing.FelipeGonzalesCruz, 2015)

### **Según el Plan de Contingencia y de Operaciones de la Planta Perú LNG (2018)**

El presente documento presenta los objetivos principales y específicos en términos de lo requerido por la reglamentación peruana vigente (Resolución de Consejo Directivo No 240-2010-OS/CD “Procedimiento de Evaluación y Aprobación de los Instrumentos de

Gestión de seguridad para las Actividades de Hidrocarburos”), señalando y describiendo la organización de respuesta a emergencias y los tipos de contingencias que serán atendidos.

El plan describe los equipos y procedimientos internos y externos en caso de emergencias, y los procedimientos de respuesta a contingencias que deben ser implementados en las instalaciones de la planta de procesos con la finalidad de prevenir los daños a la persona, equipos e instalaciones, y describe los materiales específicos para combatir la emergencia en cada escenario probable, conteniendo las acciones principales antes, durante y después de ocurrida la emergencia. Además, se incluyen los procedimientos de evacuación en donde se describe la organización e instrucciones generales para la evacuación.

Este plan contiene los cálculos hidráulicos necesarios para contrarrestar las fugas masivas de Etileno, propano y Metano, elementos críticos y necesarios para la formación del Gas Natural Licuado. Este plan de contingencia se basó bajo la norma NFPA 59ª donde la distribución estratégica de los equipos contra incendios a base de agua es fundamentalmente importante, cuya cauda de flujo supera los 1800 gmp con una bomba contra incendios de 4000 gmp, esto hace un caudal hidráulico sumamente especial para la protección del área de procesos (PeruLNG, 2018) ([www.huntlng.com](http://www.huntlng.com)).

## **2.2. MARCO TEÓRICO ESPECÍFICO**

### **2.2.1 BASE TEÓRICA**

#### **Mantenimiento: Objetivo, tipos y Modelos**

Según Deutsches Institut fur Normung (2019) el mantenimiento es el conjunto de métodos y herramientas de gestión con la finalidad de mantener y preservar las condiciones reales de un equipo, para así determinar un verdadero valor e índices técnicos para que los equipos asignados a un trabajo puedan continuar con su labor conforme fueron diseñados (COETZEE, 2019).

#### **Objetivos del Mantenimiento**

El objetivo del mantenimiento es apoyar a los trabajos de producción de una manera eficaz y sobresaliente con suficiente fiabilidad, disponibilidad y operatividad, bajo un costo aceptable, es decir el mantenimiento va de la mano con una buena producción, optimizando los recursos y gastos por mantenimiento. (COETZEE, 2019).

#### **Tipos de Mantenimiento**

Según Felix Gómez de León cita en su texto “La tecnología del mantenimiento industrial” nos dice que existen los siguientes tipos de mantenimiento aplicables a la industria:

#### **Mantenimiento Correctivo:**

Conjunto de labores asignadas para probar y corregir los defectos que se van presentando los diversos equipos y que son reportados y comunicados al área de mantenimiento por los mismo usuarios o inspectores asignados.

#### **Mantenimiento Predictivo**

Es aquel donde se le hace una serie de seguimiento de pruebas operacionales a los equipos asignados a una función, para determinar diversas variables de comportamientos que limiten su operatividad, para aplicar a este tipo de variables, es importante conocer el

desarrollo de los equipos como son, temperatura, vibraciones, consumos de energías, etc. Es la clase de mantenimiento más tecnológico usado hoy en día y requiere de personal técnico y capacitado para verificar e interpretar las fórmulas, y fuertes conocimientos que los equipos de hoy presentan.

#### **Mantenimiento Preventivo:**

En este tipo de mantenimiento, se tiene programado los equipos a intervenir que mediante para mantener un nivel de eficacia y de servicio determinado, dando el mantenimiento a los puntos más vulnerable del equipo.

#### **Mantenimiento Cero Horas (Overhall)**

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados, bien antes que aparezca ninguna falla o bien cuando la confiabilidad del equipo ha disminuido considerablemente a tal manera que nos va a resultar arriesgado poner en operatividad dicho equipo, dicho mantenimiento es dejar en Cero Horas el equipo y poder reestructurar y reiniciarlo para ponerlo nuevamente operativo, con ello se pretende asegurar la fiabilidad de tiempo de funcionamiento fijo.

#### **Mantenimiento Cerrado en Fiabilidad (RCM)**

Es unas de las técnicas usadas en diversos programas de mantenimiento, con la finalidad de elaborar o diseñar un plan de mantenimiento, pero en realidad viene a ser un estudio profundo que debe realizarse al momento de la instalación y asignación de equipos, además del mantenimiento se obtiene otra serie de conclusiones:

Las Modificaciones deben ser reportadas y analizadas, asumiendo que un buen mantenimiento no solucionaría el problema, de lo contrario habría que hacer los estudios de pruebas para definir que el diseño sería el problema.

Una serie de procedimientos de operación y pruebas que eviten fallos analizados.

Una serie de medidas a adoptar para que, en caso de fallas, las consecuencias sean mínimas.

Tener una lista de repuestos que es necesario mantener en reserva en las instalaciones, no para evitar el fallo, si no para minimizar el tiempo de inoperatividad de este equipo y así minimizar las consecuencias.

### **Mantenimiento en Uso**

Es el mantenimiento básico de un equipo donde los usuarios son varios, consiste en una serie de tareas elementales, como son la toma de datos, limpieza, lubricación, aperturas, donde la formación no requiere de mucho tiempo, este tipo de mantenimiento es la base de un TPM Total Productive Maintenance.

### **Mantenimiento Legal**

Este tipo de mantenimiento reúne los requerimientos normativos a los cuales los equipos se encuentran sometidos, la empresa administradora es la encargada de velar por el cumplimiento legal local o internacional según aplique para verificar la eficacia de una forma medible y trazable en su eficiencia técnica para la cual fue diseñado. La empresa administradora exigirá las pruebas, inspecciones y las bitácoras correspondientes donde evidencia el mantenimiento, es modelo de plan de mantenimiento deberá estar incluido dentro de un programa de mejora continua para prevalecer el cuidado y la integridad del equipo.

### **Mantenimiento Cerrado en Fiabilidad (TPM)**

TPM es una filosofía de mantenimiento donde el propósito es eliminar las pérdidas para la producción debida al estado operativo del equipo, dicho en otro contexto se debe mantener los equipos en disposición para la producción en máxima capacidad o protección según sean diseñados, sin paradas no programadas.

Cero averías

Cero tiempos Muerto

Cero defectos detectados por un mal mantenimiento

Sin pérdidas de eficiencias, capacidad productiva debido a las condiciones del equipo.

### **Modelos de Mantenimiento**

Una de las interrogantes que se hacen en las empresas al momento de implementar un plan de mantenimiento es que tipo de mantenimiento sería el adecuado y bajo que modelo seguir. Según García G (2004), nos dice que un modelo es un conjunto de tipos de mantenimiento en proporciones determinadas, debidamente adecuado a las necesidades del equipo o sistemas.

#### **Modelo Correctivo**

Este es el modelo más básico de mantenimiento, este modelo incluye en el plan básico de reparación de averías en equipos que no son críticos, cuya reparación no supone problema técnico o económico alguno. Las actividades que involucran a este modelo de mantenimiento incluyen las inspecciones visuales, lubricación y reparaciones menores de averías o fallos.

#### **Modelo Condicional**

Además de las actividades comunes de mantenimiento, se incluyen las pruebas o ensayos funciones y de operatividad, las cuales se descartan las existencias de averías o fallas con lo cual se programará una intervención. Este modelo de mantenimiento aplica para equipos o sistemas de poco uso, o para los equipos que a pesar de que son indispensables para la producción, tienen baja probabilidad de fallar.

#### **Modelo Sistemático**

Significa el conjunto de tareas que debe realizar un equipo o sistema, sin importar la condición que deba mantener, se realizan también, la cantidad de pruebas y mediciones que



suponen un alto grado de dificultad y por último resolver la falla si en caso ocurriese. Este modelo de mantenimiento es aplicable para los equipos de disponibilidad inmediata, de cierta importancia para mantener la producción o la protección que pudiera afectar su disponibilidad eficaz y técnica.

### **Modelo de Alta Disponibilidad**

Es el modelo de mantenimiento más exigente y exhaustivo, aplica para aquellos equipos o sistemas que no pueden tener fallas o averías, por lo general se exigen un nivel de disponibilidad y operatividad superior al 90%, la razón de tan alto porcentaje de disponibilidad es el alto costo productivo o alto nivel de criticidad que pudiera darse si este equipo o sistema falla.

### **Plan de Mantenimiento**

Un plan de mantenimiento es el conjunto de tareas y actividades planificadas que debemos realizar a un sistema o equipos a un nivel de disponibilidad determinada. Es un documento con vida porque se llegará a revisar constantemente los resultados de las incidencias y los análisis de varios indicadores de gestión. El desarrollo de un plan de mantenimiento requiere una serie de fases. La primera es la que ya se ha visto: la fábrica se divide en áreas, se elabora el listado de equipos, se desglosa cada uno en sistemas y elementos, se codifica, y distribuye en el modelo de mantenimiento más adecuado para el equipo y sus funciones en el sistema de producción de la fábrica. Una vez completado este trabajo, estamos listos para comenzar a preparar una lista de tareas que incluirá un plan de mantenimiento (Garrido, 2004).

Se dice que un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas planificadas y coordinadas que incluyen varios ciclos de duración y especialización, pero también requieren permisos especiales para materiales, horas hombres, tiempo de inactividad. Es por eso por lo que se cuenta con un programa o plan de mantenimiento preventivo, donde se

detalla las tareas del mantenimiento de forma detallada relacionada a los sistemas, equipos o maquinarias explicando las operaciones a utilizar, plazos y repuestos; en general, hablamos de limpieza, inspección, ajuste, lubricación y sustitución de componentes.

### 2.2.2 Análisis de Criticidad

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre: Instalaciones, Sistemas, Equipos y Elementos de un equipo de acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación. Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos. Para comprender con exactitud la metodología del análisis de Criticidad, es necesario definir los siguientes términos:

**Criticidad:** Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo (Garrido, 2004).

**Eficacia:** la eficacia se define como la capacidad de lograr un efecto que se desea o se espera, es decir, es un concepto que está relacionado con el resultado que se obtiene de un proceso.

**Eficiencia:** la eficiencia es tanto la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado, como la capacidad de lograr los resultados deseados con el mínimo posible de recurso. Es decir, se trabaja con los medios que se disponen para desarrollar un proceso.

### **Disponibilidad:**

La disponibilidad nos permite tener una métrica porcentual a través de un cociente entre el tiempo disponible y el tiempo de producción de maquinaria, puesta a cero, cambios en el formato, problemas técnicos, etc.

Se divide el tiempo que la máquina o equipo ha estado produciendo o en desarrollo conocido como **Tiempo en Operación**, por el tiempo que la máquina o equipo podría haber estado produciendo u operando y no lo hizo. Así mismo el tiempo que la máquina o el equipo podría haber estado en operación **Tiempo Planificado de Producción** es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba operativo.

### **Calidad:**

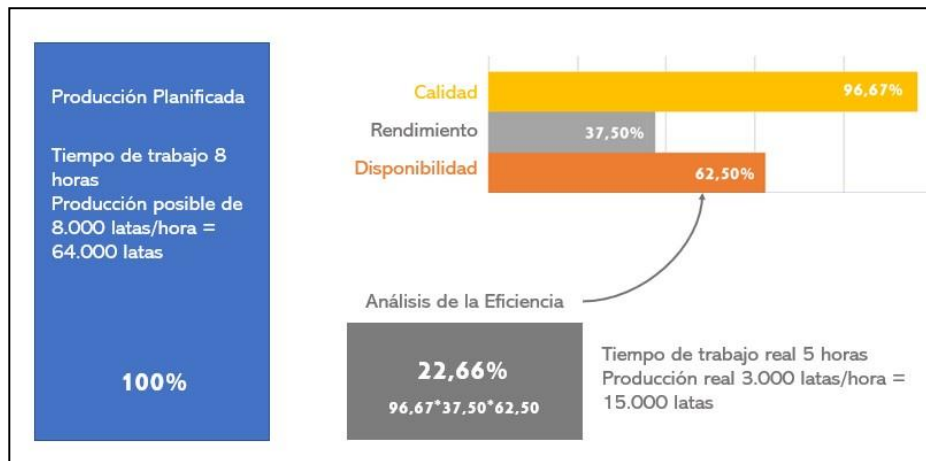
La Calidad es un Valor que nos indica la operación o producción correcta versus la defectuosa. La calidad se calcula restando de todas las unidades fabricadas, las unidades defectuosas. Se tienen en cuenta las unidades mal fabricadas, así como las pérdidas de **Tiempo Productivo**, el tiempo empleado en fabricar los equipos o unidades defectuosas. Se puede incluir el tiempo reprocesado y el coste de tirar o reciclar los equipos o unidades defectuosas.

### **Rendimiento:**

El rendimiento pone en relación la Producción Real y la Capacidad productiva del equipo. Este valor se ve afectado por las micro-paradas y eventuales reducciones de velocidad en la operación o la producción. Se obtiene de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción o velocidad de la máquina.

**Figura 21.**

Para empresas de alta producción en Minería o Hidrocarburos se usa un software o KPI para medir la eficacia y la eficiencia de los equipos o maquinaria. (Fuente: Aeromarine Informe 2012)



(Fuente: Aeromarine Informe 2012)

### 2.2.3 Marco Conceptual

**Defecto:** Es la causa inmediata de una falla, bien sea desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros (Garrido, 2004).

**Efecto de falla:** Describe específicamente lo que ocurre cuando acontece se hace presente un modo de falla (Garrido, 2004).

**Falla:** Es la terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida (Garrido, 2004).

**Falla funcional:** Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo con el parámetro que el usuario requiere.

**Jerarquización:** Es un ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.

**Modo de falla:** Es la forma por la cual una falla es observada. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo.

**Prioridad:** Es la importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.

**Riesgo:** Este término de naturaleza probabilística está definido como la "probabilidad de tener una pérdida". Comúnmente se expresa en unidades monetaria.

### **Monitores de Agua Contra Incendios**

En áreas donde se manipulan materiales inflamables, los monitores fijos de agua contra incendios están ubicados estratégicamente para ayudar a controlar el fuego y a proteger el equipo contra la exposición al mismo. Los monitores fijos operados manualmente son provistos con propósitos generales de protección. Se puede acceder a estos monitores desde las vías y están al menos a 15 m. del equipo protegido. Se usan monitores con los siguientes índices de flujo del diseño de boquilla, 170 m<sup>3</sup> /h y 227 m<sup>3</sup> /h a 7.0 bares. Cada monitor está provisto de una boquilla regulable capaz de producir un flujo de 750 GPM.

#### **Figura 22.**

*Equipo Monitor Contra incendio.*



*(fuente: Estudio de Riesgo Perú LNG, 2018)*

## Hidrantes de Agua Contra Incendios

Los hidrantes de agua contra incendios están posicionados estratégicamente en las locaciones externas en todas las instalaciones y ubicadas en un espaciado máximo de 45m en las áreas de proceso y 90 m. alrededor de las áreas de almacenamiento de LNG, de servicios y de edificios dentro de las instalaciones.

### Figura 23.

*Prueba Funcional de un hidrante contra incendios en el área de procesos.*



*(fuente: PeruLNG, 2018)*

## Fuego

Combustión caracterizada por la emisión de calor juntamente con humo, llamas o ambos. Para el presente Proyecto es un riesgo presente debido a la eventual (accidental) concurrencia de las variables típicas del tetraedro del fuego: Combustible, Oxidante, Calor/Temperatura como fuente de Ignición y reacción en cadena no inhibida.

## Incendio

Fuego mayor que se desarrolla sin control en el tiempo y espacio. Un incendio implica la rápida oxidación a temperaturas por encima de 815°C con presencia de productos

gaseosos muy calientes y la emisión de radiaciones visibles e invisibles. Un fuego desarrollado podría traer consecuencias severa en cual parte del área de procesos, teniendo en cuenta que el metano y propano son los escenarios más críticos dentro del área de trabajo, los resultados podrían ser catastróficos, el triángulo de fuego desarrolla un papel importante en el combate contra incendios cuando de Gas Natural se trata, se dice que el triángulo de fuego tiene los elementos necesarios para que se pueda producir la combustión y tiene sentido saberlo porque eliminando cualquiera de estos elementos (oxígeno, calor y combustible) rompemos la reacción en cadena, evitando el incendio. (PeruLNG, 2018).

### **Combustión**

Reacción de oxidación de los materiales combustibles generalmente con el oxígeno contenido en el aire como oxidante. Los efectos son calor y algunas veces luminosidad y humo. El humo puede ser sofocante y/o tóxico. Puede generarse una onda de sobrepresión con determinados combustibles cuando ciertas condiciones de velocidad de llama y presencia de una mezcla inflamable con un amplio recorrido para el frente de llama de combustión están disponibles y la combustión es supersónica dando lugar a una detonación. (PeruLNG, 2018).

### **El triángulo del fuego**

Durante muchos años, el triángulo del fuego (oxígeno, combustible y calor) se utilizó para enseñar los componentes del fuego. Aunque este ejemplo sencillo resulta útil, no es técnicamente correcto. Para que se produzca una combustión, se necesitan tres componentes para formar la Reacción química en cadena.

- Oxígeno (agente oxidante)
- Combustible

- Calor

## **Teoría de Extinción de Incendios**

El incendio se extingue limitando o interrumpiendo uno o más elementos esenciales en el proceso de combustión (triángulo de fuego) Un incendio se extingue reduciendo la temperatura (enfriamiento), eliminando el combustible o el oxígeno disponibles o deteniendo la reacción química en cadena (PeruLNG, 2018).

### **Enfriamiento**

Uno de los métodos más comunes de extinción es el enfriamiento mediante agua. Este proceso depende de la reducción de la temperatura de un combustible hasta un punto en el que no produzca suficiente vapor para arder. Los combustibles sólidos y líquidos con puntos de ignición elevados pueden extinguirse mediante el enfriamiento. Sin embargo, el enfriamiento con agua no puede reducir suficientemente la producción de vapor para extinguir incendios en los que intervengan líquidos con puntos de ignición bajos y gases inflamables. El uso de agua para el enfriamiento es también el método más efectivo disponible para la extinción de los incendios incandescentes (PeruLNG, 2018).

### **Eliminación del combustible**

La eliminación de la fuente del combustible extingue de modo efectivo algunos incendios. La fuente del combustible puede suprimirse deteniendo el flujo del combustible líquido o gaseoso, o suprimiendo el combustible sólido en el camino del incendio. Otro método para suprimir el combustible es dejar que un incendio arda hasta que todo el combustible se consuma (PeruLNG, 2018).



## **Teoría de las explosiones**

A continuación, se detallan las principales definiciones de los fenómenos que intervienen en el desarrollo de las explosiones o efectos explosivos, así como explicar los efectos que se producen con las explosiones (PeruLNG, 2018).

### **Explosión**

Es la conversión repentina de energía potencial (química o mecánica) en energía cinética, con la producción y liberación de gases a presión o la liberación de un gas que estaba a presión. Estos gases que estaban a presión realizan un trabajo mecánico como desplazar, cambiar o dispersar los materiales cercanos (PeruLNG, 2018).

#### **2.2.4 Marco Legal**

##### **Normas Internacionales**

**El Código NFPA 59 A Estándar para la Producción, Manipulación y transporte de Gas Natural Licuado**

**NFPA 10, Estándar para los extintores Portátiles**

Nos muestra los pasos de definición, selección, distribución de los equipos extintores portátiles para asignarlos conforma al rating de extinción, la Norma NFPA 59<sup>a</sup> nos exige implementar los equipos extintores a base de PK-BC FM/UL para plantas de procesos.

**NFPA 15, Estándar para los sistemas fijos de aspersion de agua para protección contra incendios.**

**NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento del Sistema de Protección Contra Incendios a base de Agua.**

## **NFPA 24 Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios**

Esta norma cubre los requisitos mínimos para la instalación de tuberías para el servicio privado de incendios y sus accesorios que alimentan los siguientes sistemas:

1. Sistemas de rociadores automáticos
2. Sistemas abiertos de rociadores
3. Sistemas fijos pulverizadores de agua
4. Sistemas de espuma contra incendios
5. Hidrantes y Monitores Contra incendios
6. Boquillas monitoras o sistemas de tubería vertical relacionadas con suministro de agua
7. Gabinetes de mangueras contra incendios

## **NFPA 22 Norma para Tanques de Agua para la Protección contra Incendios Privada**

Esta norma establece los requisitos mínimos y necesarios para el diseño, construcción e instalación de tanques de almacenamiento con sus equipos y accesorios para una red privada contra incendios.

### **2.2.5 Normas Nacionales**

**Decreto Supremo No. 051-93-EM de la ley N°26221**, Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos. Así como su modificatoria el DS-035-2003-EM.

**Decreto Supremo No. 043-2007-EM**, Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.

**Decreto Supremo N° 032-2004-EM**, Reglamento de las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos.

Estudio de Impacto Ambiental Semi Detallado de la Modificación del Proyecto Exportación de GNL en Pampa Melchorita - Perú.

Decreto Supremo N° 052-93-EM, Reglamento Nacional de Seguridad de Almacenamiento de Hidrocarburos.

Resolución de Consejo Directivo – Osinergmin N° 240-2010-OS/CD mediante el cual se aprueba el “Procedimiento de Evaluación y Aprobación de los Instrumentos de Gestión de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos”.

**Artículo 1.-** Aprobar el “Procedimiento de Evaluación y Aprobación de los Instrumentos de Gestión de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos”, que en Anexo adjunto forma parte integrante de la presente Resolución. (PeruLNG, 2019)

**Artículo 2.-** Reemplazar el Anexo A (Clasificación de las Actividades de Hidrocarburos para efectos de la elaboración de Estudios de Riesgos y Planes de Contingencias) de la Resolución de Consejo Directivo N.º 667-2008-OS/CD. (PeruLNG, 2019)

Ley N° 26221, Ley Orgánica que Norma las Actividades de Hidrocarburos en el Perú

## CAPITULO III. APLICACIÓN PROFESIONAL

### 3.1 CONTEXTO LABORAL – SITUACIONAL

Según la memoria anual 2019 la historia de Perú LNG PERU LNG se creó el 24 de marzo de 2003 con el objetivo de desarrollar, construir y operar una planta de gas natural licuefactado (LNG por sus siglas en inglés). La infraestructura de la empresa incluye una planta de procesamiento e instalaciones conexas, instalaciones marítimas para buques metaneros y un gasoducto de 408 km. PERU LNG es, hasta la fecha, la inversión privada más grande en hidrocarburos realizada en la historia del país (US\$ 3800 millones). Durante su etapa de construcción, la empresa generó más de 20 mil puestos de trabajo y aportó 2 % al crecimiento del PBI. (PeruLNG, 2019)

Desde los estudios del Proyecto como Perú LNG con su operadora Hunt LNG subsidiaria americana Hunt Oil Company, ha sido fuente de trabajo para personas de diferentes naciones, más de 4000 trabajadores desde los años 2006 hasta las 2010 empresas como Consorcio CDB Melchorita conformada por las multinacionales ODEBRECHT, SAIPEM y Jan De Noul este consorcio estuvo a cargo de la etapa de construcción y prueba del terminal Marino que hoy en día alberga a los buques metaneros proveniente de Europa. Por otro lado, la Empresa CB&I (Chicago Bridge & Iron) con su gran tecnología de punta se encargaron del estudio de diseño, filosofía de protección contra incendios y estudios estratégicos para la ubicación de los equipos y turbinas de los que sería el área de procesos de la Planta Perú LNG.

Al día de hoy son más de 400 trabajadores empleados de la empresa Operadora Hunt LNG que siguen los parámetros de operación, políticas de sostenibilidad, seguridad, medio ambiente y calidad para llevar consigo un objetivo común, que es la de contribuir al País con el desarrollo y la exportación del Gas Natural en estado Criogénico hacia los diversos puertos

internacionales, pero lo mejor de todo, es que fui parte de una historia de crecimiento y profesionalismo, Perú LNG me abrió muchos caminos de estudios al igual que mis compañeros, la oportunidad de trabajar en la primera planta de Gas Natural Licuado en Sudamérica haciendo historia en la producción nacional en sector de hidrocarburos.

Perú LNG dentro del contexto situacional económico con el estado peruano, con la representación de la Dirección general de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas tiene la concesión de recibir y exportar el gas natural proveniente del Lote 56 Camisea por 18 años. El 6 de Agosto del 2014 entro en vigor el contrato de venta y exportación de la exportación del gas natural del Lote 88 únicamente para el consumo nacional haciendo de esta una vasta producción para nuestro mercado local.

Según la memoria anual productiva 2019, en la misma fecha también entró en vigor el contrato de venta de gas natural del Lote 56, modificado y reformulado, celebrado entre PERU LNG y los titulares del lote. Dicho contrato habilita a los titulares del Lote 56 para que, en su obligación de entrega firme a PERU LNG, incorporen el suministro de gas que adquieren de los titulares del Lote 57 (PeruLNG, 2019).

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL BACHILLER**

En julio del 2010 ingresé a trabajar para las Filas de COLP (Compañía Operadora de Perú LNG) como Técnico de respuesta a Emergencias para el área de QHSE (Quality Health Safety Enviromental) para encargarme de la participación de los entrenamientos activos y pasivos que la organización tiene preparado, así mismo participar en la programación de Simulacros de Respuesta a Emergencias, inspección de los equipos de protección contra incendios sean fijos o portátiles. De igual forma, participar activamente de las actividades programadas de Seguridad y Salud en el trabajo según indica las políticas de Sostenibilidad que la alta dirección ha preparado.

En el año 2013 por mi buen desempeño y la oportunidad de crecer profesionalmente ya con una carrera de ingeniería administrativa en camino, fui ascendió a Supervisor de Respuesta a Emergencia (Emergency Response Team Leader). Con esta oportunidad se me dieron las claves y pautas necesarias para realizar un programa de estudio NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de los equipos de Protección contra Incendios a base de agua, con ello los formatos de inspección semanal, quincenal y mensual de todos los equipos contra incendios mejoraron, tomando valores muy altos el punto de las observaciones por diversas fallas.

**Figura 24.**

*Práctica de ejercicio contra incendio en el área de Procesos, tomando a prueba los sistemas de protección contra incendios, ejercicio simulado en el 2017.*



*(fuente: elaboración propia).*

Con los ejercicios más continuos, las inspecciones más frecuentes al igual que las auditorias por parte de OSINERGMIN en los años 2012 y 2013 las observaciones de las fallas de los equipos Hidrantes y Monitores contra incendios eran muy seguidas, casi al borde de las inconformidades. Para ese entonces era evidente que la parte climatológica del entorno donde se encuentra ubicada la planta de procesos no era favorable para estos equipos tan

necesarios para una emergencia, se llevó a cabo un plan de pruebas anuales según lo indica la NFPA 25 edición 2011 en ese entonces.

**Figura 25.**

*Una de mis principales actividades era el entrenamiento del personal de respuesta a emergencias usando los equipos de protección contra incendios como Hidrantes, Monitores, etc.*



*(fuente elaboración propia)*



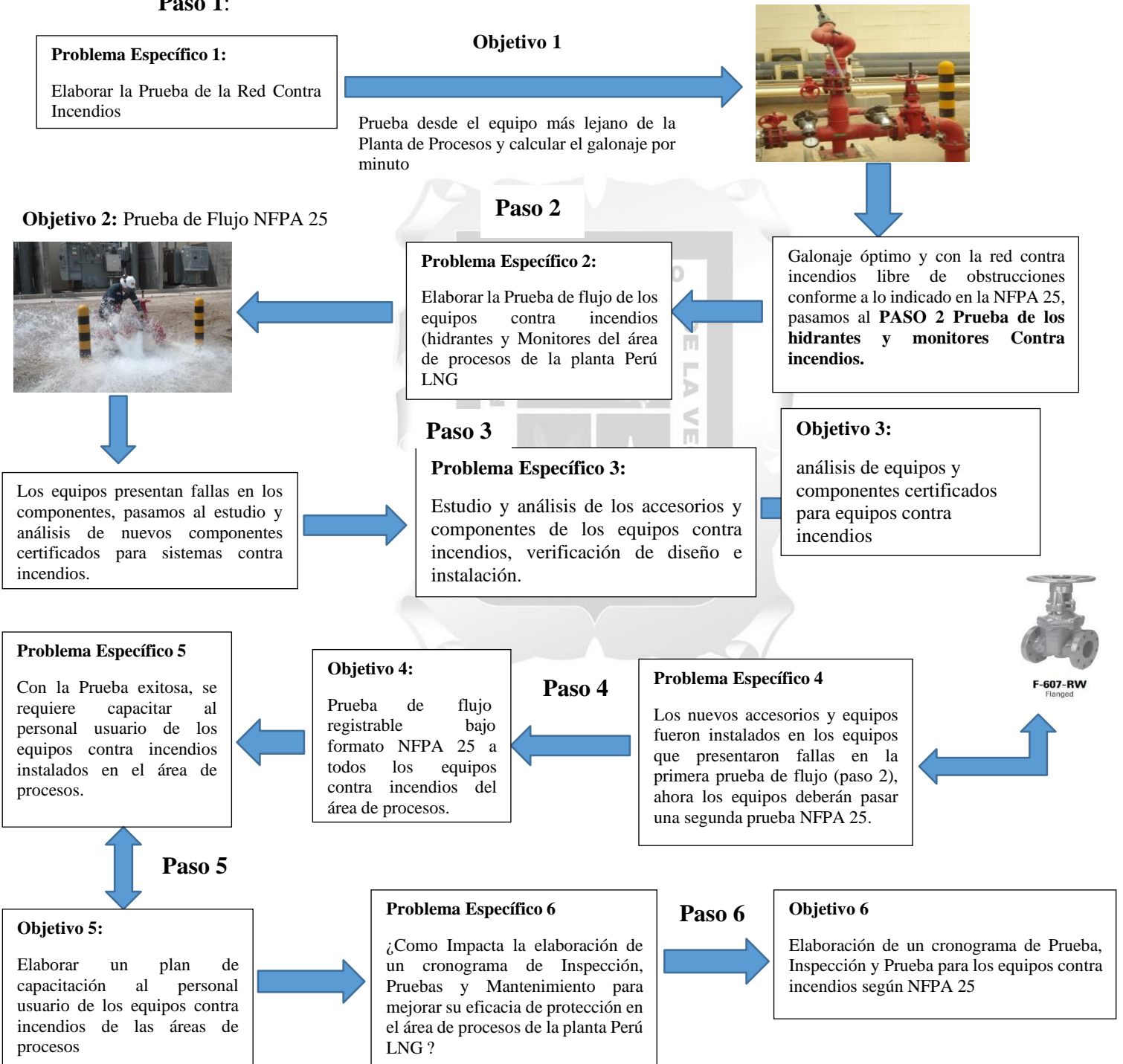
## CAPÍTULO IV. APLICACIÓN PRÁCTICA

### 4.1. DESARROLLO PRÁCTICO DE LAS CONTRIBUCIONES PLANTEADAS POR EL BACHILLER EN LA EMPRESA

Figura 26

Esquema Inicial

Paso 1:



(Fuente: Elaboración Propia)



#### **4.1.1 Síntesis de la Realidad Problemática**

Implementar un programa de mantenimiento para los equipos de protección contra incendios para mejorar su eficacia en el área de procesos de la planta Perú LNG

Elaborar una Prueba de la Red Contra Incendios a los equipos contra incendios a fin de mejorar su eficacia en la protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

La realización de las pruebas de los hidrantes y monitores contra incendios a fin de mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

Como impacta el análisis de los accesorios y componentes de todos los equipos hidrantes y monitores contra incendios para mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

Como Impacta la realización de una nueva prueba de equipos contra incendios (hidrantes y monitores) con los nuevos accesorios y componentes, a fin de mejorar y registrar su mejora en la protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

Como Impacta la realización de las capacitaciones al personal usuario de los equipos contra incendios (hidrantes y monitores) para la mejora de las competencias y certificaciones en el uso de los equipos instalados en el área de procesos de la planta Perú LNG.

Como Impacta la elaboración de un cronograma de Inspección, Pruebas y Mantenimiento para mejorar su eficacia de protección en el área de procesos de la planta Perú LNG.

#### **4.1.2 Desarrollo del caso**

Para realizar los pasos planteados en el esquema inicial, se ha elaborado el siguiente desarrollo:

## **Establecer un equipo de Personas antes de iniciar el Paso 1:**

La creación de un equipo de trabajo conocedores y competentes en sistemas contra incendios es fundamental para el desarrollo de este análisis, un grupo de personas no mayor a 5 profesionales lo ideal es que sea multidisciplinario y que incluya varios perfiles, pero con un factor común es la experiencia en sistemas contra incendios y en hidráulica.

Los integrantes del equipo para iniciar el Paso 1 de esquema planteado son:

profesionales en el tema:

### **1. Un Técnico Mecánico Profesional**

Personal con vasta experiencia en el sector hidrocarburos, especializado en mantenimiento mecánico y ensamblaje de equipos y bombas contra incendios.

### **2. Dos Ingenieros Mecánicos**

Personal profesional con más de 10 años de experiencia en equipos, líneas hidráulicas e instalaciones de sistemas contra incendios, certificado con NFPA 25, NFPA 24, NFPA 22. Un alto conocimiento en NFPA 20 Norma para la inspección, Mantenimiento y Prueba de Bombas Contra incendios estáticas.

### **3. Un Especialista en Redes y Sistemas Contra Incendios**

Profesional en Sistemas de Protección contra incendios con más de 10 años de experiencia en equipos contra incendios sean fijos o portátiles, uso de equipos de Pruebas, calculo hidráulico en galonaje de respuesta a emergencias y con experiencias en análisis de riesgos de protección contra incendios.

Con nuestro grupo de profesionales, realizaremos la primera prueba de la red contra incendios para descartar, obstrucción de la parte interna de la tubería contra incendio, esto nos dará un galonaje apropiado según el manual del fabricante de los equipos.

### 4.1.3 Aplicación y Análisis

#### Paso 1:

#### Elaboración de la Prueba de la red contra Incendio:

La finalidad de realizar la prueba de la red contra incendio es poder descartar alguna obstrucción en alguna parte de la tubería superficial o submarina que impida o afecte a los equipos de protección contra incendios del área de procesos de la planta Perú LNG. Antes de realizar la prueba de la red contra incendios, se debe realizar un inventario de los sistemas que se encuentran en el área de procesos. A continuación, se muestran en las tablas siguientes un listado de los equipos hidrantes y monitores contra incendio

**Figura 27.**

Listado de Hidrantes Contra Incendios (Área de Procesos)

Numero	Numero de TAG	Area	Tipo	Detalle de observaciones
28	FH-7625	Waste water treatment	Fire Hydrant	Valvula de 6 "no apertura manualmente Falta código de barras MSI. Colocar cadena en tapa de 2" 1/2
29	FH-7626	Waste water treatment	Fire Hydrant	Valvula de 6 "no apertura manualmente Falta código de barras MSI. Colocar cadena en tapa de 2" 1/2
30	FH-7627	Waste water treatment	Fire Hydrant	Valvula de 6 "no apertura manualmente Falta código de barras MSI. Colocar cadena en tapa de 2" 1/2
35	FH 7618 (Ut)	Utilities	Plant Hydrants	Equipo necesita mantenimiento de pintura y corrosion / Valvula mariposa tiene pase
36	FH 7620 (Ut)	Utilities	Plant Hydrants	
37	FH 7621 (Ut)	Utilities	Plant Hydrants	Valvula mariposa tiene pase(Tapa se queda presionada)
39	FH 7610 (Ut)	Utilities	Plant Hydrants	Falta codigo de barra MSI.
63	FH 7608	Warehouse	Plant Hydrants	Valvula mariposa tiene pase(Tapa se queda presionada)
64	FH 7603	Warehouse	Plant Hydrants	Valvula mariposa tiene pase(Tapa se queda presionada)
65	FH 7604	Warehouse	Plant Hydrants	Valvula mariposa tiene pase(Tapa se queda presionada)
68	FH 7605	Workshop	Plant Hydrants	
69	FH 7606	Workshop	Plant Hydrants	
70	FH 7614	Admin building	Plant Hydrants	
71	FH 7601	Admin building	Plant Hydrants	
74	FH 7602	Admin building	Plant Hydrants	
75	FH 7639	SS 1000B	Plant Hydrants	Falta código de barras
76	FH 7638	SS 1000B	Plant Hydrants	Falta código de barras

(Fuente: elaboración propia)

**Figura 28**

*Listado de Monitores Contra Incendios del Área de Procesos.*

PERU LNG		Fire Monitors		#iDESBORDAMIENTO!
Item	TAG Nr.	Area	Location	Observaciones
1	FZ-7636	Refrigeration Cooling	North E-1404	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
2	FZ-7635	Refrigeration Cooling	North E-1402	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
3	FZ-7634	Refrigeration Cooling	West E-1404	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
4	FZ-7631	Refrigeration Cooling	East E-1402	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
5	FZ-7632	Refrigeration Cooling	V-1431 MP Propane Succión Drum	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
6	FZ-7633	Refrigeration Cooling	V-1413 HP MR Separator	
7	FZ-7641	Refrigeration Compressor MR	Ground Level	
8	FZ-7675	Bog Compressor	Ground Level	
9	FZ-7674	Flares & Effluent Storage	Ground Level	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
10	FZ-7673	Refrigerant Storage (Ethylene)	Sourt Eaest V-3101-B	
11	FZ-7671	Refrigerant Storage (propane)	Sourt West V-3102-B	
12	FZ-7672	Refrigerant Storage (propane)	North Eaest V-3102-A	
13	FZ 7642	Mercury Removal & Dehydration	Ground Level	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engrasado. Monitor cuando se abre presenta fuga por lo pernos superiores (Ajustar)
14	FZ 7637	AGRU Hot oil	Ground Level	
15	FZ 7638	AGRU Hot oil	Ground Level	
16	FZ 7643 (ELEV)	Piperack East	Lado Sur	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
17	FZ 7639	LNG Liquefaction	Norte E-1405	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
18	FZ 7640	LNG Liquefaction	Este E-1405	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.
19	FZ 7601	Inlet Gas Area	Sur V-1001 Knoockout Drum	No se puede aperturar manualmente la Valvula de 4". (WO).Mantto contra la corrosión y pintado general.

*(Fuente: elaboración propia)*

**Figura 29.**

*Inventario de Hidrantes Monitores Contra Incendios de la Planta de procesos*

					
Item	TAG Nr.	Area	Ubicacion	Type	Observaciones
1	HZ-7691	Jetty	Jetty Head	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
2	HZ-7692	Jetty	Noroeste Jetty Head	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
3	HZ-7693	Jetty	Jetty Head	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
4	HZ-7694	Jetty	Centro Jetty Head	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
5	HZ-7637	Refrigeration Compressor PR	Ground Level	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
6	HZ-7680	Bog Compressor	Sur	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
7	HZ-7679	Flares & Effluent Storage	Norte	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
8	HZ-7678	Flares & Effluent Storage	Este	Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
9	HZ-7674	Refrigerant Storage (Ethylene)		Hydrant Monitor	
10	HZ-7673	Refrigerant Storage (Ethylene)		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
11	HZ-7675	Refrigerant Storage (Ethylene)		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
12	HZ-7671	Refrigerant Storage (Propane)		Hydrant Monitor	
13	HZ-7676	Refrigerant Storage (Propane)		Hydrant Monitor	
14	HZ 7635	Mercury Removal Dehydration		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesitan ser engrasados
15	HZ 7636	Mercury Removal Dehydration		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesitan ser engrasados
16	HZ 7634	Mercury Removal Dehydration		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesitan ser engrasados
17	HZ 7633	Mercury Removal Dehydration		Hydrant Monitor	Piton de 750 GPM AKRON necesita ser engradado . Equipo tiene corrosion en la volante de la valvula de 6"(JPC) necesita pintarse
18	HZ 7631	AGRU/Hot oil	Ground Level	Hydrant Monitor	
19	HZ 7632	AGRU/Hot oil	Ground Level	Hydrant Monitor	
20	HZ 7601	Inlet Gas Area	Ground Level	Hydrant Monitor	

*(Fuente: elaboración propia)*

Para verificar el cálculo hidráulico de la red contra incendios de la planta, de acuerdo con la filosofía de diseño se realizó los siguientes pasos.

**Presión Estática:** La presión que existe en un punto dado bajo condiciones normales del sistema de distribución medidas en el monitor/hidrante más lejano sin flujo de agua.

Este tipo de presión se define como la energía potencial almacenada de la que se dispone para hacer pasar al agua a través de una tubería

**Presión Residual:** Presión que existe en el sistema de distribución medida en el hidrante más lejano en el momento en que es tomada la lectura de flujo de los hidrantes que fluyen.

**Tubo Pitot:** Es un instrumento necesario para la medición de caudal a la salida de un hidrante (se mide en psi).

En la prueba realizada en campo se evidenció lo siguiente:

**Pasos previos a la prueba:**

**Área seleccionada hidráulicamente más lejana:** Área Bog compresor

**Hidrante monitor:** HZ 7680, flujo de diseño 3407 lts/min (900 gpm) a 10.12 bar (145 psi)

**Tubo Pitot.:** boquilla de 2" modelo FK-25 marca AKRON, con manómetro hasta 160 psi

**Presión estática registrada en la tapa del hidrante elegido:** 160 psi

De acuerdo con todos los resultados obtenidos en las fases anteriores se es muy necesario implementar un programa de acciones de mejora, el cual debe tener alcance a los demás equipos contra incendios por ser equipos críticos y de protección para la planta de procesos, con la finalidad de optimizar siempre su eficiencia ante una emergencia.

### **Figura 30.**

*Presión Inicial 160 PSI en el Punto más remoto de la Red del Sistema Contra Incendios (Hidrante Monitor HZ-7680, Bog Compressor)*



*(fuente: Reporte Anual Perú LNG, 2015)*

#### **Pasos durante la prueba:**

Se alineó (abrió) la válvula de salida del hidrante de 2.5", el cual tenía instalado el manómetro para el registro de la presión residual.

Para la prueba de descarga, se colocó el tubo Pitot en la salida de descarga de 2.5" del monitor, y se realizó la apertura de la válvula butterfly de 4"

#### **Registros obtenidos durante la prueba:**

El manómetro del tubo Pitot registró una lectura de presión por encima de 160 psi, el cual excedía el rango del manómetro instalado.

Registro de presión residual 80 psi.

## **Comparación de los datos de descarga obtenidos en el Pitot contra la tabla Straight bore discharge data de AKRON**

El alcance de este documento es registrar los resultados de las pruebas realizados en el sistema de agua contra incendios para confirmar lo siguiente:

Que la red contra incendios cumple con los requerido en la NFPA 25, con ello la falla de la red contra incendio quedaría descartada por falta de flujo, habiéndose tomado la prueba desde la apertura de un hidrante en el punto más lejano de la planta de procesos.

### **Se obtuvo el siguiente dato:**

Presión de flujo registrada: más de 160 psi (se salió del rango de lectura del manómetro)

Presión de remanente 80 psi.

Caudal de Flujo Galones por minuto: Sin lectura por uso de manómetro en rango y tabla de conversión hasta 140 psi.

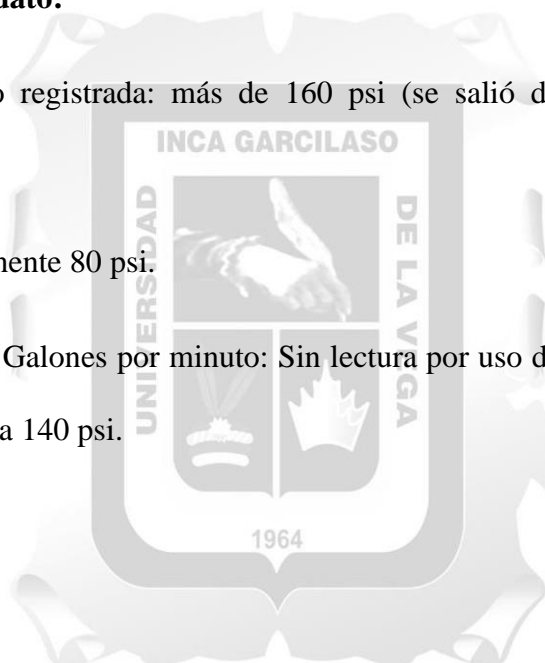




Figura 31.

Tabla de galonaje AKRON, que es la fabricación del sistema Pitot para cálculo de galonaje.

Straight Bore Discharge Data									
FK-25 Nozzle PSI In lbs./ Sq. In.	FK-25 Nozzle Tip Size in Inches								
	3/4"	* 1"	1-1/8"	1-1/4"	1-1/2"	1-3/4"	2"	2-1/4"	*2-1/2"
Gallons Per Minute									
10	51*	90	121*	151*	220*	296*	396*	491*	608
12	56*	99	132*	165*	241*	323*	443*	536*	661
14	60*	107	143*	178*	260*	348*	463*	578*	711
16	64*	114	153*	190*	278*	372*	493*	616*	756
18	68*	121	162*	202*	295*	394*	520*	652*	797
20	72*	127	170*	212*	310*	414*	545*	678*	835
22	76*	134	178*	223*	324*	433*	571*	710*	871
24	79*	140	186*	232*	337*	452*	596*	742*	906
26	82*	145	194*	241*	350*	469*	621*	772*	938
28	85*	151	201*	250*	361*	486*	644*	801*	969
30	88*	156	208*	258*	373*	502*	666*	828*	998
32	91*	161	214*	266*	384*	519*	686*	855*	1031
34	94*	166	219*	273*	396*	536*	706*	882*	1062
36	97*	171	224*	279*	408*	552*	725*	907*	1093
38	99*	176	229*	286*	412*	560*	743*	932*	1123
40	104	180	235	289	418	568	750	942	1152
42	107	184	238	296	425	580	765	962	1171
44	108	187	243	301	437	593	778	985	1188
46	111	190	250	307	447	607	801	1005	1205
48	113	193	256	313	458	622	817	1030	1220
50	115	196	261	321	465	634	837	1050	1234
52	117	199	264	326	471	644	856	1071	1254
54	119	202	270	334	483	660	868	1088	1272
56	121	204	275	339	492	672	882	1108	1290
58	123	207	283	344	501	682	895	1128	1308
60	125	209	286	350	509	693	914	1149	1325
62	127	212	290	355	517	704	922	1167	1343
64	130	216	293	361	522	715	941	1187	1361
66	132	219	299	367	535	729	955	1200	1378
68	134	222	305	371	539	738	967	1222	1396
70	136	225	310	379	547	750	986	1242	1412
72	138	228	314	385	556	761	992	1254	1430
74	139	231	317	389	563	771	1003	1270	1447
76	140	235	320	393	571	781	1022	1288	1465
78	143	238	325	399	580	791	1036	1298	1481
80	145	240	330	402	586	800	1053	1318	1498
82	146	243	334	408	593	811	1061	1333	1509
84	147	246	338	414	600	820	1076	1353	1519
86	149	249	342	419	607	831	1088	1370	1529
88	152	252	346	424	616	841	1100	1386	1539
90	153	254	349	428	622	851	1114	1400	1548
92	154	257	353	431	629	861	1126	1420	1565
94	157	260	356	439	635	871	1139	1440	1582
96	159	263	360	442	642	880	1151	1456	1599
98	160	266	365	447	649	888	1162	1470	1615
100	162	268	369	453	656	898	1178	1489	1630
105	165	275	375	462	671	917	1209	1521	1663
110	171	281	388	473	686	939	1232	1559	1696
115	173	289	395	483	702	959	1260	1590	1706
120	178	296	404	493	716	981	1290	1627	1714
125	182*	303	410*	500*	725*	992*	1325*	1647*	1749
130	186*	310	417*	507*	742*	1012*	1353*	1664*	1784
135	190*	315	424*	519*	754*	1030*	1370*	1696*	1818
140	194*	320	432*	530*	767*	1049*	1387*	1727*	1851

**RECOMMENDATIONS:** (1) Always follow the most current NFPA 1911 Standard for "Service Tests of Pumps on Fire Department Apparatus" when testing; (2) Direct flow away from any possible hazards, preferably to an open area; (3) Flush the device to be tested prior to attachment of the flow test kit; (4) Check all connections prior to flowing water; (5) Never interchange nozzle tips while the flow test kit is in operation; (6) Water flow must be straightened for a minimum of three feet ahead of the flow test kit; (7) All reducers and/or adapters connected to the flow test kit must have a minimum of a 2-1/2" waterway; (8) Nozzle tips should be screwed on, hand tight, so the gasket is not expanded into the waterway. There is no need for spanner tightening.

**MAINTENANCE and INSPECTION:** (1) Inspect the internal surface of the nozzle tips before and after each use for any nicks or gouges, this may effect the readings. All nozzle tips should be smooth bore; (2) Inspect the pitot waterway to ensure that no obstructions are present; (3) Lubricate all gaskets with a good general purpose O-Ring lubricant; (4) Check pitot gauge against a calibrated master gauge, frequently; (5) Check distance from pitot blade inlet to the nozzle tip, regardless which nozzle tip is installed, the distance must be 1/2 the diameter of the nozzle tip. Note: Distance from pitot blade to nozzle tip may be due to gasket wear and replacement of the nozzle tip gasket may be required; (6) Check pitot blade to make certain it is in the center of the waterway, as this may effect the reading; (7) In the event the pitot blade becomes damaged, a new blade can be ordered from your local distributor.



PHONE: 330.264.5878 or 800.226.1161  
 FAX: 330.264.2944 or 800.531.7335  
 www.akronbrass.com  
 Available in Canada through AKRON MANUFACTURING COMPANY  
 PHONE: 619.773.8431 FAX: 619.773.3794

\* Note: These flows are not Classified by Underwriters Laboratories Inc. as to flow measurement accuracy.

(fuente: AKRON BRASS, 2010)

**Figura 32.**

*Hidrante Monitor HZ-7680, Bog Compressor)*



(Fuente: PeruLNG, 2018)

**Figura 33.**

*Tubo Pitot instalado en la boquilla del Hidrante Monitor, donde nos debe brindar un cálculo hidráulico de 1800 gpm*



(fuente: Anual Report Hunt LNG 2015)

### Figura 34.

*Desarrollo de la prueba de galonaje a 160 psi, se evidencia la sobredimensión de galonaje que lleva el hidrante monitor ubicado en la parte más lejana de la planta de procesos.*



*(fuente: PeruLNG, 2018)*

El Análisis de esta prueba de cálculo hidráulico de la red contra incendio nos dice que:

- Se realizó la prueba según lo establecido en el Paso 1 del esquema inicial.
- En la prueba se encontraron lecturas por encima del rango de eficiencia que se indica en las tablas de referencia del fabricante.
- Según los resultados obtenidos, queda demostrado que el sistema de protección contra incendios de Perú LNG cumple por encima del galonaje de descarga establecido en el diseño.
- La red contra incendios no presenta problemas de obstrucción, ni fugas en ninguna de las áreas de la planta de procesos, se llega al descarte que el problema son los equipos y sus accesorios.



## Desarrollo del Paso 2:

### Prueba de Flujo de Hidrantes y Monitores Contra Incendios:

Habiendo descartado el funcionamiento y operatividad de la red contra incendios se realizará las pruebas de los equipos contra incendios según el formato NFPA 25:

Pasos para realizar la Prueba de hidrantes:

- Elaborar los formatos de prueba para realizar la apertura de los equipos contra incendios.
- Se deberá controlar el flujo no menor a 1 minuto
- Inspeccionar el equipo antes que aperturar.
- El equipo deberá ser aperturado completamente.
- Una vez que culmine la prueba, cerrar las válvulas y verificar que el equipo no presente fallas o fugas de agua.
- Para el caso de los monitores contra incendios, es importante drenar por completo los equipos luego de la prueba para evitar alguna fuga de agua en el brazo del equipo.

### Figura 35


*Prueba de Flujo de los equipos contra incendios*



*(fuente: Reporte Anual 2015 Hunt LNG)*

**Tabla 3:**

*Formato de Prueba de Hidrantes Contra Incendios*

 <span style="float: right;">Annual Test of Fire Hydrant / Prueba Anual de Hidrante Contra Incendios - 2015</span>					
<b>Annual Test of Fire Hydrant - 2015</b> <b>Prueba Anual de Hidrante Contra Incendios - 2015</b>					
Made by :		ERT - J Zafra	Reviewed by :		ERTL R Manrique
Hydrant TAG Number:		FH-7664	Hydrant Location :		Refrigeration Cooling
<p><b>INSTRUCTIONS:</b> Review each items described below and register the results obtained of the inspection and hydrant test. In the case to present any item defined with the term NO, must explain the finding and register it in the OBS column if necessary. The identified deviations must be corrected with the respective SR if necessary. Mark with a check in the appropriate box.</p> <p><b>INSTRUCCIONES:</b> Revise cada uno de los items descritos a continuación y registre los resultados obtenidos de la inspección y prueba del hidrante. En caso de presentarse algún item definido con el término NO, deberá explicar el hallazgo y registrarlo en la columna OBS, si es necesario. Las desviaciones identificadas deberán ser corregidas con la respectiva SR de ser necesario. Marque un check en el casillero que corresponda.</p>					
Item	Pre- operative Inspection of Fire Hydrant and Accessories Inspección Pre Operativa del Hidrante C.I. y Accesorios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
1	Are accessible the Hydrant and valves outlets? ¿El Hidrante y las salidas valvuladas están accesibles?	X			
2	Has the Hydrant visible identification? (TAG) ¿El Hidrante cuenta con identificación visible? (TAG)	X			
3	Around the Hydrant does present wetting, possibly caused by a leaking buried in the same? ¿Alrededor del Hidrante hay presencia de humedecimiento, posiblemente generado por una fuga enterrada en el mismo?		X		
4	The Hydrant structure, valves, couplings are without cracks or physical damage? ¿La estructura del Hidrante, las válvulas, acoples se encuentran sin grietas, rajaduras y/o daño físico?	X			
5	The Hydrant, valves outlets, flanges, asparagus and couplings are free of corrosion? ¿El Hidrante, salidas de válvulas, bridas, espárragos y acoples se encuentra libres de corrosión?	X			
6	The purge valve of Hydrant is in a good state of conservation and without presence of leaks or drips? ¿La válvula de purga del Hidrante se encuentra en buen estado de conservación y sin presencia de fugas y/o goteo?			X	Hidrante no cuenta con valvula de purga
7	The Hydrant has caps or reductions to 5" storz and 2.5" NST in each of valves outlets? ¿El Hidrante cuenta con tapas de 5" storz y 2.5" NST en cada una de sus salidas valvuladas?	X			
8	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant can be easily removed? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante se pueden retirar con facilidad?	X			
9	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant have packings in a good condition? Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante cuentan con empaquetaduras en buen estado?	X			Equipo presenta fugas, Valvula 4" falla
10	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant, as well as the valve stem or the threads are lubricated? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante, así como el vástago de la válvula y/o roscas están adecuadamente lubricadas?	X			
11	The nearest fire hose cabinet has keys, hoses and another necessary accessories to be used in that Hydrant? ¿El gabinete contra incendios más cercano cuenta con llaves, mangueras y otros accesorios necesarios para ser utilizado en ese Hidrante?	X			
Item	Fire Hydrant Test Prueba de Hidrante Contra Incendios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
12	The gate and butterfly valves of Hydrant open easily? Las Válvulas de compuerta y mariposa del Hidrante abren con facilidad?	X			
13	The stem of Hydrant valves does not present water leaks when opening? ¿El vástago de la válvula del Hidrante presenta pérdida de agua cuando se apertura?		X		
14	Performed the opening of each valve of Hydrant to fully open position and discharged water during a period not less than one (01) minute? ¿Realizó la apertura de cada válvula del Hidrante hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un periodo no menor de un (01) minuto?	X			
15	The water flow that was discharged finally was free of dirt at the end of the test? Was finished discharging clear water? ¿El flujo de agua que se descargó finalmente estuvo libre de suciedad al concluir la prueba? Se culminó descargando agua clara?	X			
16	The Hydrant valves operated the full extent of opening and returned to the closed position without leaking? ¿Las válvulas del Hidrante funcionaron en todo su alcance de apertura y regresaron a la posición cerrada sin presentar fugas?	X			
17	The complete drainage of the purge valve was minor than 60 minutes? ¿El drenaje completo por la válvula de purga fue menor de 60 minutos?			X	Hidrante no cuenta con valvula de
Signature ERT .....		Signature ERTL .....			
ev. 03. Mar. 2015 <span style="float: right;">Pag. 1 de 1 SAF-000-FOR-0078</span>					

(fuente: formato Hunt LNG 2015)

**Tabla 4**

*Formato de prueba de Monitores Contra Incendios.*

PERU LNG		Annual Test of Fire Nozzle / Prueba Anual de Monitor Contra Incendios - 2015			
<b>Annual Test of Fire Nozzle - 2015</b> <b>Prueba Anual de Monitor Contra Incendios - 2015</b>					
Made by :	ERT Jimmy Zafra	Reviewed by:	ERTL R. Manrique	Date :	Oct 25,2015
Hydrant Monitor TAG Number:	FZ - 7643	Hydrant Monitor Location :	Pipe Rack East ( Elev )		
<p><b>INSTRUCTIONS:</b> Review each items described below and register the results obtained of the inspection and Fire Nozzle test. In the case to present any item defined with the term NO, must explain the finding and register it in the comment column. The identified deviations must be corrected with the respective SR if necessary. Mark with a check in the appropriate box.</p> <p><b>INSTRUCCIONES:</b> Revise cada uno de los ítems descritos a continuación y registre los resultados obtenidos de la inspección y prueba del Monitor CI. En caso de presentarse algún ítem definido con el término NO, deberá explicar el hallazgo y registrarlo en la columna Observaciones. Las desviaciones identificadas deberán ser corregidas con la respectiva SR de ser necesario. Marque un check en el casillero que corresponda.</p>					
Item	Pre-operative Inspection of Fire Nozzle and Accessories Inspección Pre Operativa del Monitor CI y Accesorios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
1	Are accessible the Fire Nozzle and valves exits? ¿El Monitor CI y las salidas de válvulas están accesibles?	X			
2	Has the Fire Nozzle visible identification? (TAG) ¿El Monitor CI cuenta con identificación visible? (TAG)	X			
3	Around the Fire Nozzle does present wetting, possibly caused by a leaking buried in the same? ¿Los alrededores del Monitor CI presenta humedecimiento, posiblemente generado por una fuga enterrada en el mismo?		X		
4	The Fire Nozzle structure, nozzle, valves, couplings are without cracks or physical damage? ¿La estructura del Monitor CI ,boquilla, válvulas, acoples se encuentran sin grietas, rajaduras y/o daño físico?	X			
5	The Fire Nozzle, nozzle, valves exits, flanges, asparagus and couplings are free of corrosion? ¿El Monitor CI, boquilla, salidas de válvulas, bridas, espárragos y acoples se encuentra libres de corrosión?	X			
6	The valves purge of Fire Nozzle is in a good state of conservation and without presence of leaks or drips? ¿Las válvulas de purga del Monitor CI se encuentra en buen estado de conservación y sin presencia de fugas y/o goteo?	X			
11	The nearest fire cabinet has keys, hoses and another necessary accessories to be used in that Fire Nozzle? ¿El gabinete contra Incendios más cercano cuenta con llaves, mangueras y otros accesorios necesarios para ser utilizado en ese Monitor CI ?	X			
Item	Test Fire Nozzle Prueba Monitor de Agua Contra Incendios	Yes	No	N/A	Observations
12	The gate and butterfly valves of Fire Nozzle open easily? Las Válvulas de compuerta y mariposa del monitor CI abren con facilidad?	X			Valvula presenta fallas al cerrar
13	The stems of Fire Nozzle valves does not present water leaks when opening? ¿Los vástagos de las válvulas del monitor CI no presentan pérdidas de agua cuando se abierten?	X			
14	Performed the opening of each valve of Fire Nozzle to fully open position and discharged water during a period not less than one (1) minute? Realizó la apertura de cada válvula del Monitor CI hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un periodo no menor de un (01) minuto?	X			
15	Performed the opening of the Nozzle of monitor CI to fully open position and discharged water during a period not less than one (1) minute? Realizó la apertura de la boquilla del Monitor CI hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un periodo no menor de un (01) minuto?	X			
16	The water flow that was discharged finally was free of dirt at the end of the test? Was finished discharging clear water? ¿El flujo de agua que se descargó finalmente estuvo libre de suciedad al concluir la prueba? Se culminó descargando agua clara?	X			
17	The Fire Nozzle valves and nozzle operated the full extent of opening and returned to the closed position without leaking? ¿Las válvulas y boquilla del monitor CI funcionaron en todo su alcance de apertura y regresaron a la posición cerrada sin presentar fugas?	X			
18	The complete drainage of the purge valve was minor than 60 minutos ? ¿El drenaje completo por la Valvula de purga fue menor a los 60 minutos.?	X			
<p>Signature ERT Inspector ..... Signature ERTL .....</p>					
v. 03. Mar. 2013		Pag. 1 de 1		SAF-000-FOR-00x	

(fuente: Reporte Anual Hunt LNG)

El resultado de las Pruebas de los hidrantes y monitores en este Paso 2 no dieron los siguientes resultados:

➤ **Hidrantes Contra Incendios**

Sobre presurización de la red contra incendios

Accesorios no son lo indicado por el fabricante

Válvulas del equipo no operan de manera correcta.

Presentan múltiples fugas de agua.

Mal montaje de las válvulas y vástagos

Mala adquisición de accesorios y partes.

No se contempló la exposición húmeda del cuerpo del equipo.

Programa de mantenimiento deficiente.

Mal uso de los equipos.

Hay condiciones ambientales agresivas para los equipos.

Mala ubicación de algunos equipos dentro del área de procesos

➤ **Monitores Contra Incendios**

Presentan fugas de agua en sus acoples

Sobre presurización del equipo por fugas de agua.

Accesorios no son lo indicado por el fabricante.

Mal montaje de las válvulas

Mala adquisición de accesorios y partes.

No se contempló la exposición húmeda del cuerpo del equipo.

Programa de mantenimiento deficiente.

Mal uso de los equipos.

Hay condiciones ambientales agresivas para los equipos.

### Desarrollo del Paso 3

#### Análisis de los Accesorios y Componentes de los equipos contra Incendios

Con equipo de trabajo, que se contempló en el paso 1, se analizaron los principales equipos contra incendios que presentaron fugas y no pasaron las pruebas NFPA 25, en la conclusión se llegó al siguiente análisis:

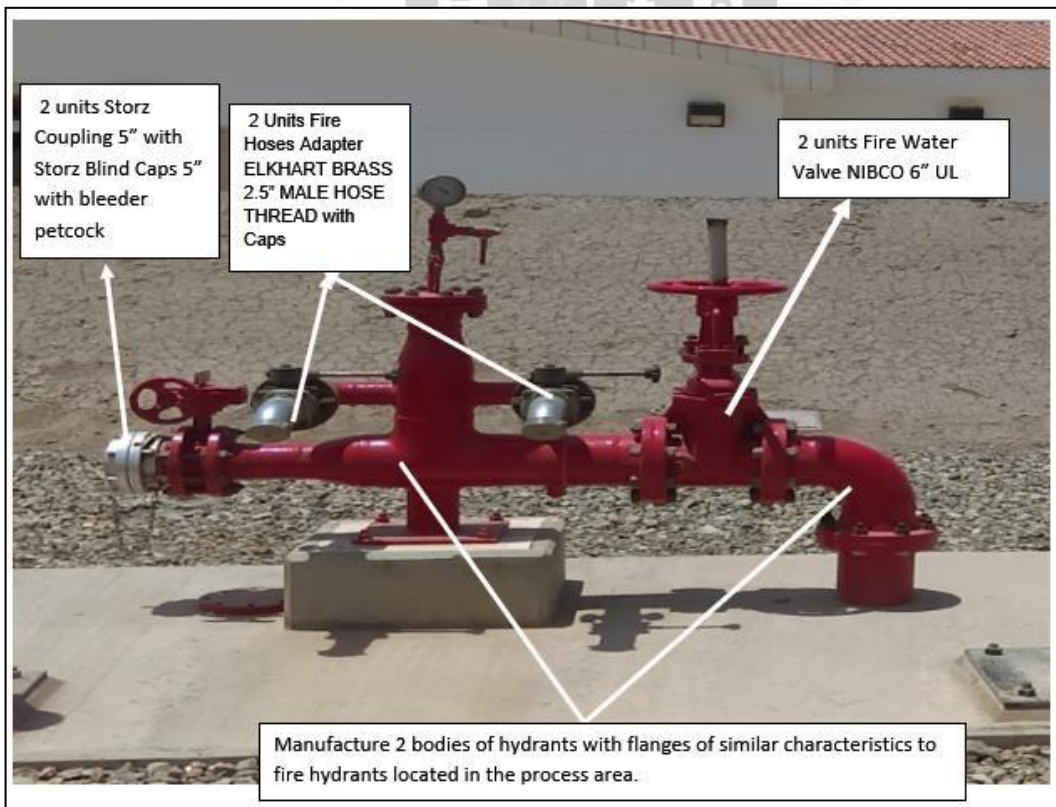
Basto problema de corrosión y deterioro de los acoples y vástagos de las válvulas de apertura principal.

Las válvulas Butterfly de 4" no son UL / FM es decir no cumplen con las certificaciones que se exigen en la NFPA 25 / NFPA 24 para lucha contra incendios.

A continuación, se presenta el estudio de los accesorios y componentes:

**Figura 36.**

*Partes del accesorio de un Hidrante contra incendios*

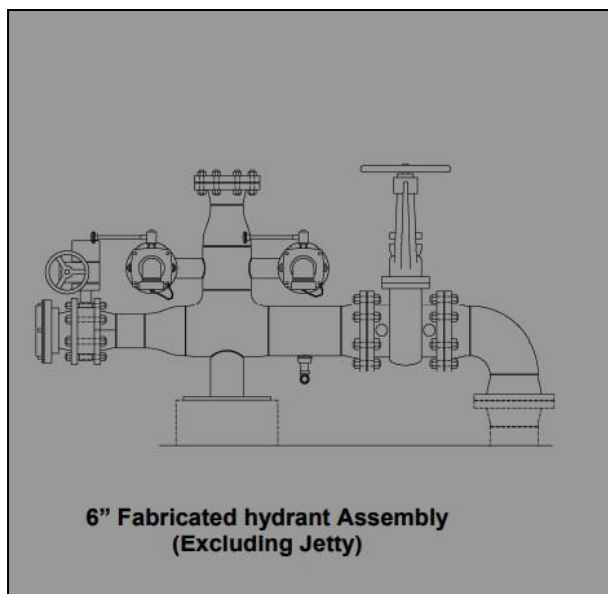


*(fuente: elaboración propia)*



**Figura 37.**

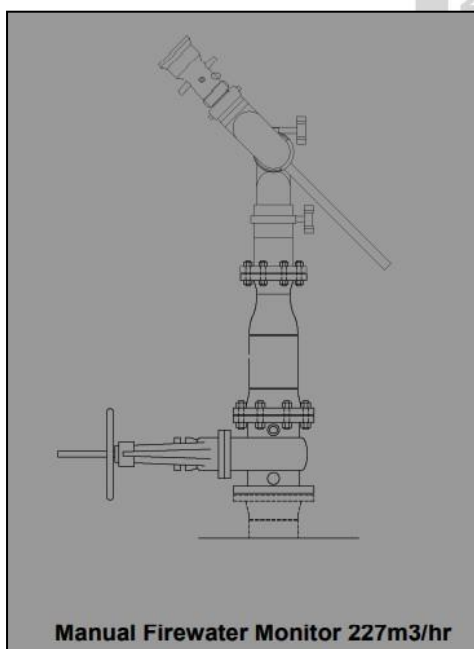
*Manual de Hidrantes contra incendios*



*(fuente: NIBCO MANUAL 2009)*

**Figura 38.**

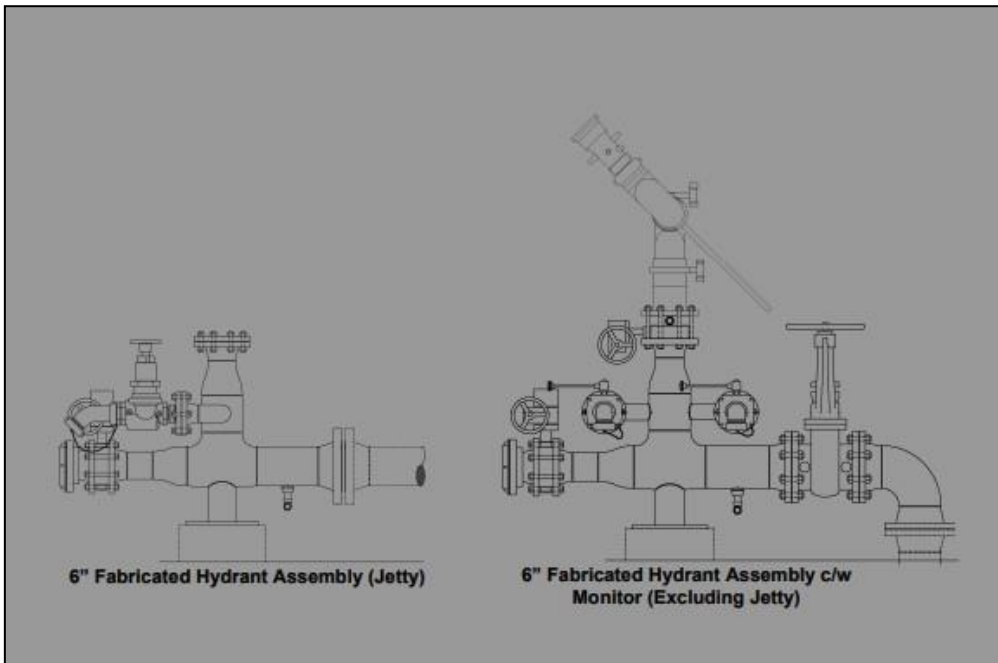
*Monitor Contra incendios de 750 GMP.*



*(fuente: NIBCO MANUAL, 2009)*

**Figura 39.**

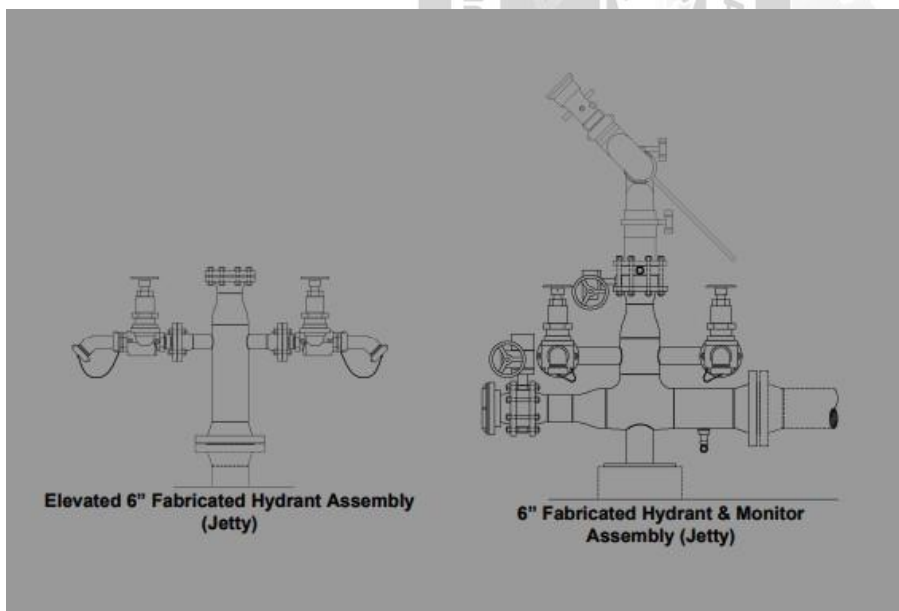
*Hidrante Monitor / Hidrante Terminal Marino (Jetty).*



*(fuente: NIBCO MANUAL, 2009)*

**Figura 40.**

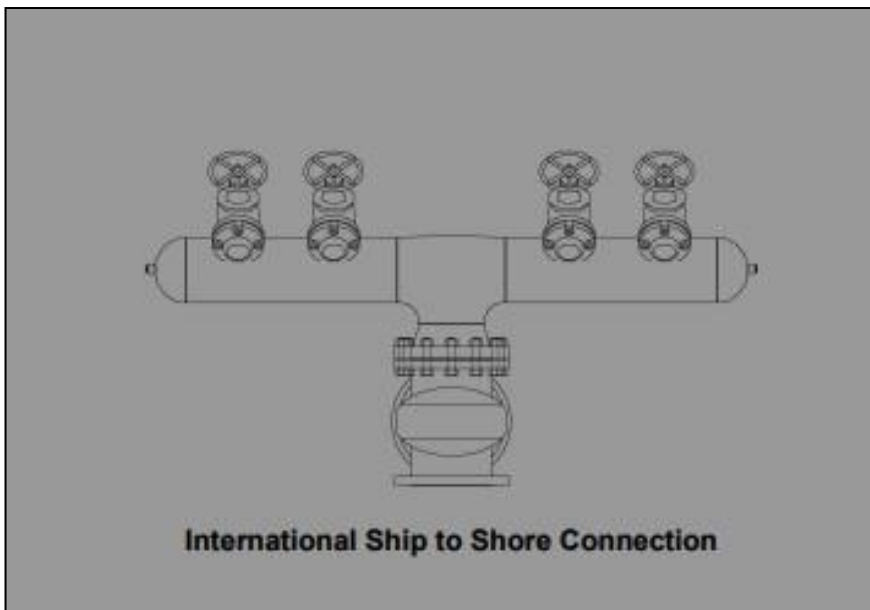
*Equipos Hidrantes Contra incendios de la planta de procesos del terminal Marino (Jetty).*



*(fuente: NIBCO MANUAL, 2009).*

**Figura 41.**

*Hidrante del terminal Marino (Jetty) de conexión internacional.*






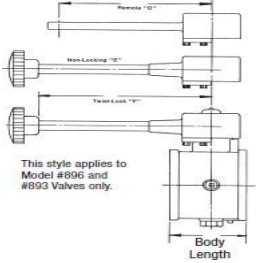


**Nota:** *Este hidrante de conexión internacional, es muy importante para la operación de carga de Gas Natural Licuado, ya que Normativa NFPA 59ª y de seguridad, el buque de carga debe conectar sus mangueras contra incendios a este hidrante para cualquier emergencia durante la carga. (fuente: NIBCO MANUAL, 2009)*



**Tabla 5.**

*Descripción de las partes de todos los equipos contra incendios para su reposición de accesorios según el manual NIBCO.*

ITEM	TIPO	MARCA	MODELO	No. Serie	Referencia
1	Fire Protection Valve	NIBCO	250 LB WWP	F-607-RW	
2	Fire Protection Butterfly Valve <b>Personal de COBRA, se compromete a buscar otra alternativa</b>	NIBCO	250 lb. WWP UL/FM Butterfly Valves	WD3510-8**	
3	Storz Blind Caps	HURRINGTON	Storz Blind cap 5" (125) with bleeder petcock	HBC-50-PC	
4	FIRE HOSE ADAPTERS	ELKHART BRASS	2.5" MALE HOSE THREAD END CAPS		
5	END CAPS	ELKHART BRASS	Brass Cap – 2.5" FNST	Model No. 512N	
6	Ball Valve	ELKHART BRASS 2.5"	Body: # 896 / 3,375" Handle "E" : 3.975"	SERIE 800	 This style applies to Model #896 and #893 Valves only.

*(fuente: elaboración propia)*

Figura 42.

Válvula 2 1/2 " AKRON BRASS serie 800

VALVES

800 SERIES VALVES

This style applies to Model #896 and #893 Valves only.

This style applies to Model #890, #891 and #892 Valves.

2800 SERIES VALVES

This style applies to Model #2891, #2892, #2896 and #2893 Valves.

Size	Body		Handles		
	Model	Length	"D"	"E"	"F"
1.0"	890	1.75"	3.5"	3.875"	—
	—	—	—	—	—
1.5"	891	2.5"	3.5"	3.875"	—
	2891	2.5"	3.5"	—	4.312"
2.0"	892	3"	3.5"	3.875"	—
	2892	3"	3.5"	—	4.312"
2.5"	896	3.375"	6.75"	8"	8"
	2896	3.375"	6.75"	—	8"
2.5"	893	4.234"	6.75"	8"	8"
	2893	4.234"	6.75"	—	8"

Figura 43

Tapa de bronce de 2 1/2 " de las boquillas de los hidrantes.

**Brass Cap – 2.5" FNST**  
Model No. 512N

**Standard Features**

- ✓ Brass Construction
- ✓ w/ Rubber Gasket

**Optional Equipment**

- ✓ NPSH threads
- ✓ Other custom thread

Dorley Tackaberry, Inc.  
1515 West 13<sup>th</sup> Street - Deer Park, TX 77538  
281.478.9700 - Fax 281.478.6321

**Customer:** Saudi Basic Industries  
**Project Name:** YANSAB  
**Order No.:** AZIT-5-2003-RQ  
**Item No.:** 5707829Y  
**Order Qty.:** 175 Fire Hydrants, 3 each per hydrant  
**Tag No.:** TBD  
**Comments:**

(fuente: NIBCO MANUAL, 2009)

**Figura 44.**

*Válvula de apertura de hidrante de 250 Lbs. WWP (Work Water Presion).*

## 250 lb. WWP Iron Body Gate Valves

Fire Protection Valve • Outside Screw and Yoke • **Resilient Wedge** •  
Epoxy Coated Interior/Exterior • Pre-Grooved Stem for Supervisory Switch •  
Drilled, Tapped and Plugged at Boss Location A\*\*

**250 PSI/17.2 Bar Non-Shock Cold Working Pressure**  
**(160° F/71° C max. operating temperature)**

UL/ULC LISTED • FM APPROVED •  
AWWA C509 & 515 • NEW YORK CITY  
M.E.A. APPROVED 236-93E

### DIMENSIONS—WEIGHTS—QUANTITIES

Size	Dimensions														Bolt Circle	Flange Holes	Turns To Open	Weight					
	A		B Open		B Closed		C		D		E		F					G		In.	Kg.		
In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.						
2½	65	7.5	190	17.8	453	14.9	378	0.69	17.5	7.0	178	7.9	200	1.50	38	1.6	40	5.50	140	4	8.8	45	20
3	80	8.0	203	19.7	500	15.9	405	0.75	19.0	7.5	191	7.9	200	1.73	44	2.1	54	6.00	152	4	10.5	53	24
4	100	9.0	229	21.0	534	16.6	422	0.94	24.0	9.0	229	10.2	260	2.13	54	2.1	54	7.50	191	8	10.4	94	43
6	150	10.5	267	29.3	744	22.9	581	1.00	25.4	11.0	279	12.4	315	2.24	57	2.5	64	9.50	241	8	15.7	154	70
8	200	11.5	292	37.0	939	28.5	724	1.13	28.6	13.5	343	14.8	375	2.48	63	2.8	70	11.75	298	8	17.2	247	112
10	250	13.0	330	44.8	1139	34.5	877	1.19	30.2	16.0	406	16.4	416	2.56	65	2.8	70	14.25	362	12	21.4	349	159
12	300	14.0	356	52.2	1326	39.9	1014	1.25	31.8	19.0	483	17.5	445	2.91	74	3.4	86	17.00	432	12	25.5	484	220



**F-607-RW**  
Flanged

*(Fuente: NIBCO MANUAL, 2009)*


Figura 45.

Cuerpo del monitor Contra incendios 750 gmp., 2009)

MONITORS

MONITORS


SPIT-FIRE



SPECIFICATIONS			
Max. GPM (LPM)	2000 (7570)		
Inlets	Size	Types	
	4"	150# ANSI Flange	NPT
Outlet Size	3.5" NHT		
Controls	Dual hand-wheel "Big Stick"™ Tiller		
Material/Finish	Brass with red urethane enamel		
Friction Loss	39 psi at 2000 gpm 15 psi at 1250 gpm		
Travel	V -45° to +90° (135°) H 360°		
Weight	126 lbs.		
Ratings and Certifications	CE		

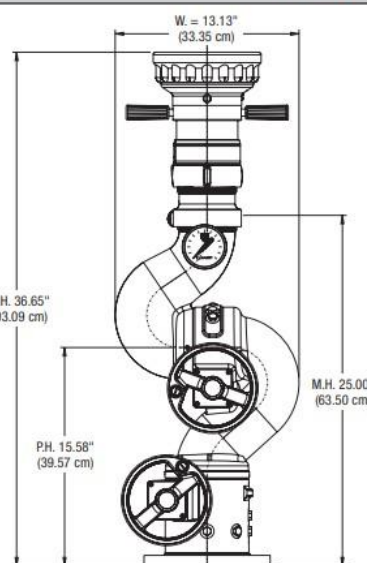
Friction Loss: .7\_\_ psi at 750 gpm  
                  .13\_\_ psi at 1000 gpm

KEY CONFIGURATIONS (ACCESSORIES)

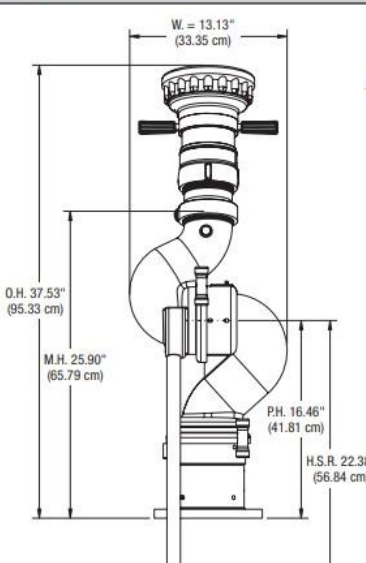


(TILLER) "BIG STICK"™ (2) STYLE

DIMENSIONS & LAYOUT



(1)



(2)

MONITORS

SPIT-FIRE

MONITORS

**Spit-Fire Selector Chart**

INLET SIZES/TYPES		OUTLET SIZE	CONTROLS		CERTIFICATION	MODEL
4" NPT	4" 150# ANSI Flange	3.5"	Dual Handwheel	Tiller (Big Stick)™	CE	
o	s	*	*	*	*	8394-021
o	s	*	*	*	*	8394-121
			1	2		Illustration

KEY s = standard o = option

**Components & Options Chart**

COMPONENTS & OPTIONS	ILLUSTRATION	MODEL
Companion Flange Kits	4" 150# ANSI steel flange with bolts and gaskets	81317001

(fuente: NIBCO MANUAL)



#### 4.1.4. Registro y Estrategia para la Mejora

Para llevar un registro de medible acerca de las mejoras de los equipos contra incendios, pasamos a desarrollar el paso 4 de nuestro esquema inicial.

#### Elaboración del Paso 4

#### Desarrollo de la Segunda Prueba de Hidrantes y Monitores Contra Incendios

Para el desarrollo de una segunda prueba de los equipos contra incendios, se tuvo en espera 6 meses para la llegada de los componentes de los equipos contra incendios, con ello se instalaron en 2 meses, en paralelo permitió asignarle un TAG NUMBER a los equipos para que figuren en el sistema y sea más rápido su ubicación en campo,

A continuación, se procede a usar los parámetros de la NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de los equipos Contra Incendios.

#### Figura 46

*Pautas de la Norma NFPA 25*

**7.3.2 Hidrantes.** Los hidrantes deben probarse anualmente para garantizar el funcionamiento adecuado.

**7.3.2.1** Cada hidrante se debe abrir completamente y dejar fluir el agua hasta que se haya limpiado de todas las materias extrañas.

**7.3.2.2** El flujo debe mantenerse durante no menos de 1 minuto.

**7.3.2.3** Después de la operación, los hidrante de cilindro seco y de pared deben observarse para verificar el desagüe adecuado del cilindro.

**7.3.2.4** El drenaje completo no debe tardar más de 60 minutos.

**7.3.2.5** Cuando las condiciones de suelo u otros factores sean tales que el cilindro del hidrante no escurre en 60 minutos, o cuando el nivel freático está por encima del desagüe del hidrante, el desagüe del hidrante debe taponarse y extraerse el agua en el cilindro con bomba.

**7.3.2.6** Los hidrantes de cilindro seco que están situados en áreas expuestas a clima de congelación y que tienen desagües obturados deben identificarse claramente indicando que necesitan bombearse después de la operación.

*(fuente: NFPA 25, 2011)*



**Tabla 6**

*Formato NFPA 25 de prueba de Hidrantes*

**Annual Test of Fire Hydrant - 2015**  
**Prueba Anual de Hidrante Contra Incendios - 2015**

Made by : ERT - J Zafra      Reviewed by : ERTL R Manrique      Date : Nov 15 2015

Hydrant TAG Number: FH-7663      Hydrant Location : Refrigetartion Cooling

**INSTRUCTIONS:** Review each items described below and register the results obtained of the inspection and hydrant test. In the case to present any item defined with the term NO, must explain the finding and register it in the OBS column if necessary. The identified deviations must be corrected with the respective SR if necessary. Mark with a check in the appropriate box.

**INSTRUCCIONES:** Revise cada uno de los items descritos a continuación y registre los resultados obtenidos de la inspección y prueba del hidrante. En caso de presentarse algún item definido con el término NO, deberá explicar el hallazgo y registrarlo en la columna OBS, si es necesario. Las desviaciones identificadas deberán ser corregidas con la respectiva SR de ser necesario. Marque un check en el casillero que corresponda.

Item	Pre- operative Inspection of Fire Hydrant and Accessories Inspección Pre Operativa del Hidrante C.I. y Accesorios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
1	Are accessible the Hydrant and valves outlets? ¿El Hidrante y las salidas valvuladas están accesibles?	X			
2	Has the Hydrant visible identification? (TAG) ¿El Hidrante cuenta con identificación visible? (TAG)	X			
3	Around the Hydrant does present wetting, possibly caused by a leaking buried in the same? ¿Alrededor del Hidrante hay presencia de humedecimiento, posiblemente generado por una fuga enterrada en el mismo?		X		
4	The Hydrant structure, valves, couplings are without cracks or physical damage? ¿La estructura del Hidrante, las válvulas, acoples se encuentran sin grietas, rajaduras y/o daño físico?	X			
5	The Hydrant, valves outlets, flanges, asparagus and couplings are free of corrosion? ¿El Hidrante, salidas de válvulas, bridas, espárragos y acoples se encuentra libres de corrosión?	X			
6	The purge valve of Hydrant is in a good state of conservation and without presence of leaks or drips? ¿La válvula de purga del Hidrante se encuentra en buen estado de conservación y sin presencia de fugas y/o goteo?			X	Hidrante no cuenta con valvula de purga
7	The Hydrant has caps or reductions to 5" storz and 2.5" NST in each of valves outlets? ¿El Hidrante cuenta con tapas de 5" storz y 2.5" NST en cada una de sus salidas valvuladas?	X			
8	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant can be easily removed? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante se pueden retirar con facilidad?	X			
9	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant have packings in a good condition? Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante cuentan con empaquetaduras en buen estado?	X			Equipo presenta fugas, Valvula 4" falla
10	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant, as well as the valve stem or the threads are lubricated? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante, así como el vástago de la válvula y/o roscas están adecuadamente lubricadas?	X			
11	The nearest fire hose cabinet has keys, hoses and another necessary accessories to be used in that Hydrant? ¿El gabinete contra incendios más cercano cuenta con llaves, mangueras y otros accesorios necesarios para ser utilizado en ese Hidrante?	X			
Item	Fire Hydrant Test Prueba de Hidrante Contra Incendios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
12	The gate and butterfly valves of Hydrant open easily? Las Válvulas de compuerta y mariposa del Hidrante abren con facilidad?	X			
13	The stem of Hydrant valves does not present water leaks when opening? ¿El vástago de la válvula del Hidrante presenta pérdida de agua cuando se apertura?		X		
14	Performed the opening of each valve of Hydrant to fully open position and discharged water during a period not less than one (01) minute? ¿Realizó la apertura de cada válvula del Hidrante hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un período no menor de un (01) minuto?	X			
15	The water flow that was discharged finally was free of dirt at the end of the test? Was finished discharging clear water? ¿El flujo de agua que se descargó finalmente estuvo libre de suciedad al concluir la prueba? Se culminó descargando agua clara?	X			
16	The Hydrant valves operated the full extent of opening and returned to the closed position without leaking? ¿Las válvulas del Hidrante funcionaron en todo su alcance de apertura y regresaron a la posición cerrada sin presentar fugas?	X			
17	The complete drainage of the purge valve was minor than 60 minutes? ¿El drenaje completo por la válvula de purga fue menor de 60 minutos?			X	Hidrante no cuenta con valvula de

Signature ERT ..... Signature ERTL .....

(fuente: Anual Report Hunt LNG 2015)

**Tabla 7**

*Formato de Prueba de Monitor Contra Incendios*

PERU LNG		Annual Test of Fire Nozzle / Prueba Anual de Monitor Contra Incendios - 2015			
Annual Test of Fire Nozzle - 2015					
Prueba Anual de Monitor Contra Incendios - 2015					
Made by :		ERT Jesus Peña	Reviewed by:		ERTLR. Manrique
Hydrant Monitor TAG Number:		FZ - 7640	Hydrant Monitor Location :		Pipe Rack East ( Elev )
<p><b>INSTRUCTIONS:</b> Review each items described below and register the results obtained of the inspection and Fire Nozzle test. In the case to present any item defined with the term NO, must explain the finding and register it in the comment column. The identified deviations must be corrected with the respective SR if necessary. Mark with a check in the appropriate box.</p> <p><b>INSTRUCCIONES:</b> Revise cada uno de los ítems descritos a continuación y registre los resultados obtenidos de la inspección y prueba del Monitor CI. En caso de presentarse algún ítem definido con el término NO, deberá explicar el hallazgo y registrarlo en la columna Observaciones. Las desviaciones identificadas deberán ser corregidas con la respectiva SR de ser necesario. Marque un check en el casillero que corresponda.</p>					
Item	Pre- operative Inspection of Fire Nozzle and Accessories Inspección Pre Operativa del Monitor CI y Accesorios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
1	Are accessible the Fire Nozzle and valves exits? ¿El Monitor CI y las salidas de válvulas están accesibles?	X			
2	Has the Fire Nozzle visible identification? (TAG) ¿El Monitor CI cuenta con identificación visible? (TAG)	X			
3	Around the Fire Nozzle does present wetting, possibly caused by a leaking buried in the same? ¿Los alrededores del Monitor CI presenta humedecimiento, posiblemente generado por una fuga enterrada en el mismo?		X		
4	The Fire Nozzle structure, nozzle, valves, couplings are without cracks or physical damage? ¿La estructura del Monitor CI, boquilla, válvulas, acoples se encuentran sin grietas, rajaduras y/o daño físico?	X			
5	The Fire Nozzle, nozzle, valves exits, flanges, asparagus and couplings are free of corrosion? ¿El Monitor CI, boquilla, salidas de válvulas, bridas, espárragos y acoples se encuentra libres de corrosión?	X			
6	The valves purge of Fire Nozzle is in a good state of conservation and without presence of leaks or drips? ¿Las válvulas de purga del Monitor CI se encuentra en buen estado de conservación y sin presencia de fugas y/o goteo?	X			
11	The nearest fire cabinet has keys, hoses and another necessary accessories to be used in that Fire Nozzle? ¿El gabinete contra incendios más cercano cuenta con llaves, mangueras y otros accesorios necesarios para ser utilizado en ese Monitor CI?	X			
Test Fire Nozzle					
Item	Prueba Monitor de Agua Contra Incendios	Yes	No	N/A	Observations
12	The gate and butterfly valves of Fire Nozzle open easily? Las Válvulas de compuerta y mariposa del monitor CI abren con facilidad?	X			Valvula presenta fallas al cerrar
13	The stems of Fire Nozzle valves does not present water leaks when opening? ¿Los vástagos de las válvulas del monitor CI no presentan pérdidas de agua cuando se abierten?	X			
14	Performed the opening of each valve of Fire Nozzle to fully open position and discharged water during a period not less than one (1) minute? Realizó la apertura de cada válvula del Monitor CI hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un periodo no menor de un (01) minuto?	X			
15	Performed the opening of the Nozzle of monitor CI to fully open position and discharged water during a period not less than one (1) minute? Realizó la apertura de la boquilla del Monitor CI hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un periodo no menor de un (01) minuto?	X			
16	The water flow that was discharged finally was free of dirt at the end of the test? Was finished discharging clear water? ¿El flujo de agua que se descargó finalmente estuvo libre de suciedad al concluir la prueba? Se culminó descargando agua clara?	X			
17	The Fire Nozzle valves and nozzle operated the full extent of opening and returned to the closed position without leaking? ¿Las válvulas y boquilla del monitor CI funcionaron en todo su alcance de apertura y regresaron a la posición cerrada sin presentar fugas?	X			
18	The complete drainage of the purge valve was minor than 60 minutos? ¿El drenaje completo por la Válvula de purga fue menor a los 60 minutos.?	X			

Signature ERT Inspector

Signature ERTI

*(Fuente: Anual Report Hunt LNG 2016)*

La segunda prueba de hidrantes dio buenos resultados, ahora sabemos que gran parte del problema de los equipos Hidrantes y Monitores contra incendios fueron:

- Gran parte del problema eran las válvulas Butterfly de los hidrantes y monitores, ya que esas válvulas no eran para el servicio presurizado contra incendios, no tenían certificación UL / FM, que como parte de la operación de producción del Gas Natural todos los equipos deben ser certificados.
- Plan de mantenimiento debe ser claro y entendible, esto deberá estar al alcance de todos los usuarios de los equipos contra incendios.
- Se ha contratado a la empresa EDECO Perú S.A para el mantenimiento de pintura y corrosión y se plasmará en el cronograma de mantenimiento para los equipos contra incendios.
- Los equipos Contra Incendios deberán pasar por una inspección mensual y deberán estar registrado y habilitados ante cualquier auditoria.

En la figura 46, se muestran dos reportes de pruebas anuales del año 2013 y del 2018 donde nos dan como resultados 134 hidrantes operativos y 30 con observaciones menores, nos manifiesta que programa de mantenimiento si ha funcionado, sin embargo, aún nos queda por analizar los demás equipos contra incendios y aquellos equipos sometidos a la producción.

Hoy en día estos equipos contra incendios son considerados equipos críticos y tienen prioridad CERO ante cualquier fallo y debe ser reportado a la gerencia de operaciones cuando este sale de servicio para su inmediata intervención, mantenimiento y prueba.

Hasta el año 2021 se ha venido trabajando en diversos programas de implementación para el resto de los equipos contra incendios como son:

- Mantenimiento de los agentes extintores de Heptafluorpropano conocido como FM 200, es un sistema de extinción limpio, quiere decir que no daña los equipos electrónicos y no causa daño a la salud ante una emergencia, estos agentes se encuentran instalados en los bancos de memoria de la Planta y centro de control.
- Manguera contra incendios, NFPA 1962 Norma para la prueba de presión de servicio de las mangueras contra incendios.
- Prueba del performance de la bomba contra incendios del camión NFPA 20.
- Se implementó el cronograma Semestral de Inspección y Prueba de todos los equipos Aspersores y Rociadores de los edificios y Equipos de protección elemental de acuerdo con la norma NFPA 13
- Prueba elemental anual de la Espuma Contra Incendios (Fire Foam Equipment) para verificar la calidad de espuma a usar y sus accesorios, norma NFPA 11.

## Figura 47

### Reporte de la Última Prueba de Hidrantes y Monitores

**PERU LNG** **Fire Hydrants, Monitors and Hydrant Monitors Annual Operability Test Report - 2013**

---

**Section 3: Findings**

- 87 hydrants, monitors and hydrant monitors, from a group of 164, passed the operability test without observations.
- 70 hydrants, monitors and hydrant monitors passed the test with minor observations. The valve has passed water causing pressurization of the 5" storz caps.
- 3 hydrants did not pass the test because of the 5" butterfly valve packing displacement (NIBCO).
- 2 hydrants located in the Permanent Camp are partially obstructed.
- 2 hydrants located in the contractor's camp are blocked by the main valve.
- Nozzles monitors without lubrication.
- It is observed the presence of corrosion on the studs, bolts, wheel and valve stem.
- Handles valve "ELKHART" 2.5" present hardening to open, due to lack of maintenance.

**PERU LNG** **Fire Hydrants, Monitors and Hydrant Monitors Annual Operability Test Report - 2018**

---

**1.0 Executive Summary:**

Fire Hydrants, Monitors and Hydrants Monitors Annual Operability Tests were executed by the Emergency Response Team from Hunt LNG from February to November 2018. The Annual Operability Tests were subject to the fulfillment of NFPA 25.

- 164 hydrants, monitors and hydrants monitors were tested representing 100% which means that testing all units of the availability at Melchorita Plant (PERU LNG S.R.L).
- 82% (134 units) of the fire hydrants, monitors and hydrant monitors passed the test without observations.

*(Fuente: reporte anual Hunt LNG 2018)*

## Paso 5 Capacitación al Personal usuario

Para cerrar el paso 5 se ha plasmado la capacitación al personal operador de planta y al equipo de respuesta a emergencias sobre la inspección y prueba de Hidrantes y Monitores contra incendios, llevando la siguiente propuesta

**Tabla 08.**

*Propuesta de gastos para la capacitación por un Ingeniero especialista.*

ítem	DESCRIPCION	U.M.	CANT	GASTO			
				GASTO/UNI	TOTAL		
<b>Capacitación del personal</b>							
1	Capacitación x 15 días por Personal especializado		1	S/.	2,000.00	S/.	2,000.00
2	<b>Sueldo de personal por el tiempo de capacitación (x 15 días)</b>		1	S/.	3,500.00	S/.	1,750.00
<b>Ingeniero Mecánico y/o Industrial</b>							
3	<b>Impresión de manuales y formatos</b>						
	Empastado y anillado	PZA.	2	S/.	25.000	S/.	50.00
<b>Útiles de oficina</b>							
4	Lapicero	UND.	5	S/.	2.00	S/.	10.00
	Corrector	UND.	2	S/.	2.00	S/.	4.00
	Tablero	UND.	3	S/.	5.00	S/.	15.00
	Archivador	UND.	3	S/.	6.00	S/.	18.00

*(fuente: archivo Perú LNG, área de capacitación y normas)*

**Tabla 09**

*Resultados de las capacitaciones acerca de como inspeccionar y probar los equipos contra incendios*

N°	COURSE / WORKSHOPS	INSTITUTION	HOURS	START DATE	END DATE	NAME OF INSTRUCTOR	COURSE / WORKSHOPS EVALUATION						INSTRUCTOR'S EVALUATION					OBSERVATIONS			
							P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10	P.11				
1	Entrenamiento de la Brigada Contra Incendio	HLOC	16	23-Feb-16	24-Mar-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	
2		HLOC	16	24-Feb-16	25-Mar-16	OPERACIONES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Good	
3		HLOC	16	25-Feb-16	26-Mar-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	
4		HLOC	16	26-Feb-16	27-Mar-16	OPERACIONES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Good	
5		HLOC	16	27-Feb-16	28-Mar-16	OPERACIONES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Good	
6		HLOC	16	28-Feb-16	29-Mar-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Good	Improve our place / ERT VERY GOOD
7		HLOC	16	29-Feb-16	30-Mar-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	Tanks
8		HLOC	16	1-Mar-16	31-Mar-16	OPERACIONES	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Good	
9		HLOC	16	2-Mar-16	1-Apr-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	Realizar anualmente este curso taller c/2 horas semanales de teoria para refrescar y derrepente contruir un campo de entrenamiento mas apropiado c/escenarios cercanos a la realidad.
10		HLOC	16	3-Mar-16	2-Apr-16	OPERACIONES	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	Very Good	Muy Bueno, need al operator to attendent.
11		HLOC	16	4-Mar-16	3-Apr-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	
12		HLOC	16	5-Mar-16	4-Apr-16	OPERACIONES	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	Very Good	

*(fuente: Training Perú LNG)*

**Paso 6: Tipo de mantenimiento incluidos en el programa**

**Tabla 10**

*Elaboración de un Cronograma de Inspección y Prueba de los equipos contra incendios*

(fuente: Perú LNG 2019)



**Tabla 11**

**Formato de Prueba para los equipos contra incendios**


<b>Annual Test of Fire Hydrant - 2015</b> <b>Prueba Anual de Hidrante Contra Incendios - 2015</b>					
Made by :	RICARDO MANRIQUE	Reviewed by :	ERTL R Manrique	Date :	May 31 2013
Hydrant TAG Number:	FH-7664	Hydrant Location :	Refrigeration Cooling		
<p><b>INSTRUCTIONS:</b> Review each items described below and register the results obtained of the inspection and hydrant test. In the case to present any item defined with the term NO, must explain the finding and register it in the OBS column if necessary. The identified deviations must be corrected with the respective SR if necessary. Mark with a check in the appropriate box.</p> <p><b>INSTRUCCIONES:</b> Revise cada uno de los items descritos a continuación y registre los resultados obtenidos de la inspección y prueba del hidrante. En caso de presentarse algún item definido con el término NO, deberá explicar el hallazgo y registrarlo en la columna OBS, si es necesario. Las desviaciones identificadas deberán ser corregidas con la respectiva SR de ser necesario. Marque un check en el casillero que corresponda.</p>					
Item	Pre- operative Inspection of Fire Hydrant and Accessories Inspección Pre Operativa del Hidrante C.I. y Accesorios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
1	Are accessible the Hydrant and valves outlets? ¿El Hidrante y las salidas valvuladas están accesibles?	X			
2	Has the Hydrant visible identification? (TAG) ¿El Hidrante cuenta con identificación visible? (TAG)	X			
3	Around the Hydrant does present wetting, possibly caused by a leaking buried in the same? ¿Alrededor del Hidrante hay presencia de humedecimiento, posiblemente generado por una fuga enterrada en el mismo?		X		
4	The Hydrant structure, valves, couplings are without cracks or physical damage? ¿La estructura del Hidrante, las válvulas, acoples se encuentran sin grietas, rajaduras y/o daño físico?	X			
5	The Hydrant, valves outlets, flanges, asparagus and couplings are free of corrosion? ¿El Hidrante, salidas de válvulas, bridas, espárragos y acoples se encuentra libres de corrosión?	X			
6	The purge valve of Hydrant is in a good state of conservation and without presence of leaks or drips? ¿La válvula de purga del Hidrante se encuentra en buen estado de conservación y sin presencia de fugas y/o goteo?			X	Hidrante no cuenta con valvula de purga
7	The Hydrant has caps or reductions to 5" storz and 2.5" NST in each of valves outlets? ¿El Hidrante cuenta con tapas de 5" storz y 2.5" NST en cada una de sus salidas valvuladas?	X			
8	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant can be easily removed? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante se pueden retirar con facilidad?	X			
9	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant have packings in a good condition? Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante cuentan con empaquetaduras en buen estado?	X			
10	The caps to 5" storz and 2.5" NST of each valves outlets of Hydrant, as well as the valve stem or the threads are lubricated? ¿Las tapas de 5" storz y 2.5" NST de cada una de las salidas valvuladas del Hidrante, así como el vástago de la válvula y/o roscas están adecuadamente lubricadas?	X			
11	The nearest fire hose cabinet has keys, hoses and another necessary accessories to be used in that Hydrant? ¿El gabinete contra Incendios más cercano cuenta con llaves, mangueras y otros accesorios necesarios para ser utilizado en ese Hidrante?	X			
Item	Fire Hydrant Test Prueba de Hidrante Contra Incendios	Yes Si	No	N/A	Observations Observaciones
12	The gate and butterfly valves of Hydrant open easily? Las Válvulas de compuerta y mariposa del Hidrante abren con facilidad?	X			
13	The stem of Hydrant valves does not present water leaks when opening? ¿El vástago de la válvula del Hidrante presenta pérdida de agua cuando se apertura?		X		
14	Performed the opening of each valve of Hydrant to fully open position and discharged water during a period not less than one (01) minute? ¿Realizó la apertura de cada válvula del Hidrante hasta su posición totalmente abierta y se descargó agua durante un período no menor de un (01) minuto?	X			
15	The water flow that was discharged finally was free of dirt at the end of the test? Was finished discharging clear water? ¿El flujo de agua que se descargó finalmente estuvo libre de suciedad al concluir la prueba? Se culminó descargando agua clara?	X			
16	The Hydrant valves operated the full extent of opening and returned to the closed position without leaking? ¿Las válvulas del Hidrante funcionaron en todo su alcance de apertura y regresaron a la posición cerrada sin presentar fugas?	X			
17	The complete drainage of the purge valve was minor than 60 minutes? ¿El drenaje completo por la válvula de purga fue menor de 60 minutos?			X	Hidrante no cuenta con valvula de
Signature ERTL .....		Signature ERTL .....			

(fuente: Anual Report Hunt LNG 2018)



**Tabla 12**

*Formato de Inspección Mensual Equipos contra incendios NFPA 25*

 Inspección Mensual Formato NFPA 25 - Hidrantes Contra Incendios - Operaciones												
Item	N° TAG	Área	Ubicación	Fecha de Inspección	Inspección Externa	Válvulas Lubricadas 6", 5" y 2½"	Hidrante Libre de Fuga	Conexiones Operativas Storz / NH	Cuenta con Postes de Protección	Loza de Concreto	Inspeccionado por:	Observaciones
1	FH-7631	Refrigeration Cooling	East E-1402									
2	FH-7649	Refrigeration Cooling	North West E-1402									
3	FH-7648	Refrigeration Cooling	North E-1402									
4	FH-7647	Refrigeration Cooling	North E-1404									
5	FH-7632	Refrigeration Cooling	East V-1443									
6	FH-7664	Refrigeration Cooling	Propane compressor recycle Cooler. E-1417 (Elev)									
7	FH-7667	Refrigeration Cooling	North West, Propane from E-1421-1401 (Elev)									
8	FH-7693	Jetty	Jetty Head									

*(fuente: Reporte Anual Hunt LNG 2018)*

**Tipos de Mantenimiento que contempla el programa:**

**Mantenimiento Correctivo:** Al cambiar los accesorios y componentes de los equipos contra incendios por unos que le brinda un mayor alcance de protección y desarrollo garantizado, hemos corregido los errores heredados en la etapa de instalación, sin embargo, al ser equipos críticos no debe de descuidar la inspección y prueba conforme lo recomienda la NFPA 25.

**Mantenimiento Predictivo:** Es la etapa principal de este programa, ahora lo equipos contra incendios pasa por una etapa de observación de manera cuidadosa, para saber si resisten las presiones variables de la red contra incendios, el equipo de trabajo especialista lleva consigo el récord de activación para saber cuál es el equipo contra incendios que tuvo más exigencia.

**Modelo de Alta Disponibilidad:** El programa contempla la alta disponibilidad que deben tener los equipos contra incendios, por ser considerados equipos críticos, la planta de procesos no puede seguir activada si que cuenten con los equipos de protección operativos, la alta dirección de la organización se ha visto comprometida en el apoyo de este proyecto, sin embargo, debemos asegurarla operatividad de todos los sistemas instalados en la planta

Perú LNG.



## CONCLUSIONES

- Este trabajo de investigación detalló y recolectó toda la información necesaria de todos los equipos del sistema de protección contra incendios de la Planta de Perú LNG, del cual se ha evidenciado que no cuenta con un Programa de mantenimiento para estos equipos que permita aumentar su eficacia como equipo de alta prioridad, así mismo se ha evidenciado que el personal a cargo de las inspección, prueba y mantenimiento, no contaba con las competencias para resolver este problema que iba incrementando, es mas no contaban con un historial de instalación, ni mantenimiento preventivo.

Se analizó la norma NFPA 25 y se comprobó que las causas de las fallas eran:

- Ausencia de programa de mantenimiento que sea a base un análisis NFPA conforme indica la norma y el fabricante de los equipos.
- No se contaba con el personal calificado y competente para esta función, no había personal que conozca de los equipos y sus componentes.
- Personal usuario sin capacitación para los equipos contra incendios.
- Se ha determinado la prioridad de contar con un programa de mantenimiento para los equipos de protección contra incendios para prevalecer su eficacia en la planta de procesos de Perú LNG.
- Se elaboró un programa de mantenimiento, pruebas e inspecciones para todos los equipos de protección contra incendios de la planta Perú LNG para mejorar su eficacia en el área de procesos.
- Se puso en práctica para los demás equipos de protección el análisis metodológico Fallo Efecto tanto para los equipos contra incendios como para los equipos de pro

## RECOMENDACIONES

Es de mucha importancia subsanar todas las deficiencias encontradas en todos los equipos que son parte del sistema de protección de la planta de procesos de la planta Perú LNG, se recomienda implementar de manera inmediata para los demás equipos que son la línea de protección para las demás instalaciones de la Planta, como campamentos, cocinas, gaseoducto, etc.

Se recomienda la capacitación constante a todo el personal involucrado en el área de procesos, mantenimiento y respuesta a emergencias, las normas varían cada año y se recomienda tener actualizado los procedimientos de prueba e inspección, porque son esos formatos vitales para sustentar el mantenimiento.

Se recomienda la mejora de los planes de mantenimiento de los demás equipos de alta producción en las áreas críticas de la planta de procesos, como son el área de descarga de Propano y Etileno.

Se recomienda implementar un requerimiento en SAP ERP la alerta temprana para que el equipo pueda pasar mantenimiento de manera inmediata por ser un equipo de alta prioridad, con la participación de la alta dirección para prevenir cualquier emergencia durante la producción.

Se recomienda llevar un correcto control documentario de la intervención de los equipos contra incendios, con la finalidad de llevar un orden para cualquier contingencia y auditoria, se recomienda implementar las hojas de vida por equipo contra incendios sean fijos o portátiles.

Se recomienda establecer una orden abierta en el sistema de compras de cada accesorio de los equipos contra incendios, esto facilitará la reposición inmediata de los componentes cuando estos fallen o hayan sido exigidos en una emergencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de los sistemas contra incendios a base de agua.
- Plan de Contingencias Perú LNG 2015.
- Memoria Anual de Perú LNG 2019
- Memoria Anual de Perú LNG 2015
- Memoria Anual de Perú LNG 2013.
- Estudios de Riesgo de la Planta Perú LNG 2010.
- NFPA 59ª Norma para la Producción, Almacenamiento y Manipulación de Gas Natural Licuado.
- Memoria geográfica de la Planta Perú LNG 2010.
- Google MAP Geografía Pampa Melchorita.
- Memoria Anual Hunt Oil Company 2016.
- Informe de Prueba de Hidrantes y Monitores Contra Incendios 2013 Perú LNG.
- Informe de Prueba de Hidrantes y Monitores Contra Incendios 2018 Perú LNG.
- Informe OSINERGMIN “El Gas Natural en el Perú” 2019.
- Revista Sociedad Química del Perú 2016.
- Alexis Vladimir Mora García 2007 en el trabajo tesis “Evaluación de los riesgos involucrados en el almacenamiento, transporte y distribución de Gas Natural”. Coyoacán en México.
- H Pequignot y M. Bertín (Francia 1989) Boletín OIEA Vol. 22 Tendencias de los riesgos resultantes del uso del gas.
- Eulogio Gomero Luna (2012) tesis “implementación de un sistema de integrado de prevención de riesgos en una planta de GLP” - Lima Perú.

- Ing. Felipe Gonzales Cruz (2015) “Estudio de Riesgos para planta envasadora de gas licuado de petróleo” – Arequipa Perú.
- NFPA 704 "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, utilizado para comunicar los peligros de los materiales peligrosos.
- Deutsches Institut fur Normung (2019) en su libro Qué es el Mantenimiento y sus modelos. Berlín Alemania 2018.
- NFPA 15, Estándar para los sistemas fijos de aspersión de agua para protección contra incendios.
- NFPA 25 Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento del Sistema de Protección Contra Incendios a base de Agua.
- NFPA 24 Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 10, Estándar para los extintores Portátiles.
- Informe El Mantenimiento y su orden de planificación. Jose Garrido 2004.
- Manual NIBCO – AKRON BRASS edición 2008.
- Memoria Anual HUNT LNG 2017.
- Memoria Anual Hunt LNG 2018.

## ANEXOS



# ANEXO 1

## Programa General de Mantenimiento de Equipos Contra Incendios 2019

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS 2019 Cronograma General de Inpeccion y Pruebas			Program legend: <span style="color:blue">■</span> Planned <span style="color:green">■</span> Executed <span style="color:orange">■</span> Rescheduled <span style="color:red">■</span> Not executed												UPDATED: 04.nov.2022
Area / Process / Service	Location	Remarks	2019 - Q1			2019 - Q2			2019 - Q3			2019 - Q4			Progress per Topic
			ene-2014	feb-2014	mar-2014	abr-2014	may-2014	jun-2014	jul-2014	ago-2014	sep-2014	oct-2014	nov-2014	dic-2014	
<b>Fire Hydrant</b>															#iDIV/0!
Pipe Rack	Plant														0.00%
Flares / Effluent	Plant		■				■								0.00%
PR Compressor K-1440	Plant					■									0.00%
Propane Area	Plant														0.00%
<b>Fire Monitors</b>															
Refrigeration Cooling	Plant			■											0.00%
Ethylene Area	Plant				■										0.00%
Jetty Area	Plant							■							0.00%
<b>Fire Monitors Hydrant</b>															
Waste treatment	Plant						■								0.00%
Jetty Area	Plant									■					0.00%
RA CAMP	Plant		■					■							0.00%
Bog Compressor	Plant					■							■		0.00%
Warehouse	Plant										■				0.00%
<b>Remote Monitors</b>															
Nitrogen Plant	Plant													■	0.00%
TLF AREA	Plant								■			■			0.00%
MCHE area	Plant									■					0.00%
<b>Fire Hydrant</b>															
Inlet Gas	Plant						■								0.00%
Utilities	Plant										■				0.00%
Mercury Removal	Plant											■			0.00%
Dehidratation Area	Plant							■				■			0.00%
Ref Cooler	Plant		■					■				■			0.00%
Admin Building	Plant							■					■		0.00%
<b>Progress per month:</b>			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	#iDIV/0!	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
<b>Execution progress to date:</b>												0.00%			

(fuente: Work Plan Peru LNG 2019)