



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE
PREVENCIÓN DE RIESGOS Y CONTROL DE
INCENDIOS PARA LA PLANTA ENVASADORA DE
GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA EMPRESA
JEBICORP S.A.C EN LA PROVINCIA DE
TRUJILLO”**

Presentado Por:

Bach. LUIS MIGUEL VERONA CHUJUTALLI

LAMBAYEQUE - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE
PREVENCION DE RIESGOS Y CONTROL DE
INCENDIOS PARA LA PLANTA ENVASADORA DE
GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA EMPRESA
JEBICORP S.A.C EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO”**

Presentado Por:

Bach. LUIS MIGUEL VERONA CHUJUTALLI

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE : Dr. Daniel Carranza Montenegro.
SECRETARIO : Msc. Jony Villalobos Cabrera.
MIEMBRO : Ing. Percy Edwar Niño Vasquez.
ASESOR : Ing. Teobaldo Edgar julca Orozco.

LAMBAYEQUE – PERÚ

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
II PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL EXTRAORDINARIA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

TITULO

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE
PREVENCION DE RIESGOS Y CONTROL DE
INCENDIOS PARA LA PLANTA ENVASADORA DE
GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE LA EMPRESA
JEBICORP S.A.C EN LA PROVINCIA DE TRUJILLO”**

CONTENIDOS

CAPÍTULO I	: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.
CAPÍTULO II	: MARCO TEÓRICO.
CAPÍTULO III	: MARCO METODOLÓGICO.
CAPÍTULO IV	: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.
CAPÍTULO V	: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
AUTOR	: Bach. Luis Miguel Verona Chujutalli

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

Lambayeque – Perú

2018

DEDICATORIA

La presente Examen de Suficiencia Profesional está dedicado a:

*Mi **Padre**, gracias a tu esfuerzo y dedicación me diste la oportunidad de salir adelante enseñándome que ante algún problema o adversidad, solo era necesario pensar en el amor que nos tenemos como familia para seguir esforzándome en la vida*

*A mi **Hermano** por toda la ayuda que me has otorgado, reafirmando que aparte de ser hermanos podemos ser buenos amigos, esforzándonos por un solo motivo que son nuestros padres.*

*A mi **Madre** que me enseñó a ser persistente en las cosas que deseo alcanzar, dándome un gran ejemplo que ningún sueño es imposible de alcanzar cuando uno lo desea de verdad, por tu preocupación a nuestra familia, por tu apoyo y amor incondicional cuando más te he necesitado.*

*A mi **Enamorada** por brindarme el apoyo y amor incondicional ante los problemas y adversidades que se nos presentaron. Eres una persona importante que siempre me supo escuchar y apoyar siempre.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que directamente o indirectamente ayudaron a contribuir con el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a mi asesor, el Ing. Teobaldo Edgar Julca Orozco, quien supo entender mis dudas y me brindó las herramientas necesarias para poder disiparlas.

A quienes otorgaron la oportunidad de conocerlos en el ámbito laboral y así aprender de sus experiencias para mejorar profesionalmente.

RESUMEN

La presente investigación se basó en el desarrollo de un programa de prevención de riesgos y control de incendios para la planta envasadora de gas licuado de petróleo, propiedad de la empresa JEBICORP S.A.C en la provincia de Trujillo del departamento de la Libertad.

Ante la falta de información por parte de las personas en el interior de la planta se propone un plan de seguridad con capacitaciones sobre los equipos que se encuentran en el interior y charlas informativas sobre las acciones a tomar como medida de respuesta ante los escenarios de riesgo que pudieran presentarse.

El capítulo 1 se presenta el problema de investigación, donde se presenta la problemática, objetivos, justificación e importancia.

El capítulo 2 describe los conceptos básicos teóricos referente a la investigación realizada.

El capítulo 3 se detalla la metodología aplicada para la investigación.

El capítulo 4 consiste en la determinación del presupuesto del programa de prevención de riesgos y control de incendios.

El capítulo 5 se presenta las conclusiones de la investigación con respecto a los objetivos trazados y las recomendaciones que ayuden a mejorar la evaluación de la investigación.

Palabras clave: riesgos, prevención, incendios, emergencias.

ABSTRACT

The present investigation was based on the development of a risk prevention and fire control program for the liquefied petroleum gas filling plant, owned by the company JEBICORP S.A.C in the Trujillo province of the department of La Libertad.

In the absence of information from the people inside the plant, a safety plan is proposed with training on the equipment that is inside and informative talks about the actions to be taken as a response measure before the risk scenarios. that could be presented.

Chapter 1 presents the research profile, which presents the problem, hypothesis, objectives, justification and importance.

Chapter 2 describes the basic theoretical concepts related to the research carried out.

Chapter 3 details the methodology applied for the investigation.

Chapter 4 consists of determining the budget of the risk prevention and fire control program. Chapter

5 presents the conclusions of the research regarding the objectives set and the recommendations that help improve the evaluation of the research.

Keywords: risks, prevention, fires, emergencies.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Realidad Problemática.....	16
1.2. Formulación del Problema.....	17
1.3. Delimitación de la investigación.....	17
1.4. Justificación e importancia de la investigación.	18
1.5. Limitaciones de la Investigación.	18
1.6. Hipótesis.....	18
1.7. Objetivos.....	19
1.7.1.Objetivo General.....	19
1.7.2.Objetivos Específicos.	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de Estudios.	20
2.1.1.Antecedentes Internacionales.....	20
2.1.2.Antecedentes Nacionales.	22
2.2. Fundamento Teórico.....	24
2.2.1.Base Teórica.....	24
2.2.1.1. Gas Licuado de Petróleo.	24
2.2.1.2. Análisis de Riegos.	30
2.2.2.Base Legal.....	36
2.2.2.1. Normas Internacionales.....	36
2.2.2.2. Normas Nacionales.	38
2.3. Marco conceptual.	46

CAPÍTULO III	50
MARCO METODOLÓGICO.	50
3.1. Tipo y Diseño de investigación.	50
3.1.1.Tipo.....	50
3.1.2.Diseño.	50
3.2. Población y Muestra.	50
3.3. Variables y Operacionalización.....	50
3.3.1.Variables.....	50
3.3.1.1. Variable dependiente.....	51
3.3.1.2. Variable Independiente.....	51
3.3.2.Operacionalización.	51
3.3.2.1. Operacionalización variable dependiente.	51
3.3.2.2. Operacionalización variable independiente.	51
3.4. Métodos y técnicas de investigación.	52
3.5. Descripción de los instrumentos utilizados.	52
CAPÍTULO IV	53
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	53
4.1. Descripción de la distribución y operatividad de la planta envasadora de gas licuado de petróleo.....	53
4.1.1.Ubicación.....	53
4.1.1.1. Linderos y Colindancias.....	54
4.1.1.2. Medidas perimétricas.....	54
4.1.1.3. Área.....	55
4.1.2.Distribución de la planta.	55
4.1.2.1. Plataforma de envasado.....	56
4.1.2.2. Almacenamiento de agua.	57
4.1.2.3. Cuarto de máquinas.	58
4.1.2.4. Oficinas.....	58
4.1.2.5. Área de maniobra vehicular.....	58
4.1.2.6. Otros.....	59
4.1.3.Procesos de operación de la planta.....	60
4.1.3.1. Recepción y despacho del producto.....	60
4.1.3.2. Almacenamiento del producto.	61
4.1.3.3. Transferencia del producto.....	62
4.1.3.4. Envasado del producto.....	62

4.2. Análisis de riesgo para la determinación de los casos de emergencia.	66
4.2.1. Determinación de los probables escenarios de riesgo.	66
4.2.1.1. Estudio exhaustivo de las instalaciones.	66
4.2.1.2. Análisis histórico de accidentes en instalaciones similares y/o para las mismas sustancias peligrosas.	71
4.2.1.3. Análisis de las posibles fuentes externas de riesgo que podrían afectar a las instalaciones.	72
4.2.2. Identificación de peligros.	74
4.2.3. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia.	75
4.2.3.1. Frecuencia de incidentes.	75
4.2.3.2. Frecuencia de ocurrencia.	77
4.2.3.3. Descripción de escenarios de riesgo probables.	87
4.2.3.4. Descripción de eventos de riesgos probables.	88
4.2.4. Consecuencias de los riesgos identificados.	92
4.2.5. Matriz de riesgos.	92
4.2.5.1. Clasificación de la probabilidad o frecuencia.	95
4.2.5.2. Clasificación de la consecuencia o severidad.	95
4.3. Desarrollo del programa de prevención de riesgos y control de incendios.	100
4.3.1. Prevención de riesgos.	100
4.3.1.1. Sistemas para prevenir la desviación de condiciones de funcionamiento óptimas / permisibles.	101
4.3.1.2. Servicios.	105
4.3.1.3. Prevención de los errores humanos y de organización.	105
4.3.1.4. Plan de mantenimiento e inspección.	107
4.3.1.5. Programa de capacitación del personal.	108
4.3.1.6. Sistema de señalización.	108
4.3.2. Control de incendios.	111
4.3.2.1. Equipos de control de incendios.	111
4.3.2.2. Sistemas contra incendio.	113
4.3.3. Medidas de mitigación.	118
4.3.3.1. Organización de Brigadas.	118
4.3.3.2. Sistema de comunicación de emergencia.	124
4.3.3.3. Acciones de Respuesta.	127
4.3.3.4. Organismos de apoyo a las medidas de mitigación.	136

4.4. Determinación del presupuesto del programa para la planta envasadora.....	136
4.4.1. Costo de los accidentes.....	137
4.4.1.1. Costos humanos.....	137
4.4.1.2. Costos de materiales.....	137
4.4.2. Costo del programa de prevención de riesgos y control de incendios..	139
4.4.2.1. Costo Directo.....	139
4.4.2.2. Costo indirecto.....	140
4.4.3. Costo – beneficio.....	142
CAPÍTULO V.....	143
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
5.1. Conclusiones.....	143
5.2. Recomendaciones.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1;	Ubicación de la planta envasadora de Gas licuado de petróleo.	53
Tabla N° 2;	Coordenadas UTM.....	54
Tabla N° 3;	Equipos de zona de almacenamiento.....	55
Tabla N° 4;	Riesgo por falla de componentes.....	68
Tabla N° 5;	Riesgo por desviación normales de operación.....	69
Tabla N° 6;	Riesgos por errores humanos.....	70
Tabla N° 7;	Riesgos obtenidos por agentes externos.....	73
Tabla N° 8;	Relación de los escenarios de riesgos identificados.....	74
Tabla N° 9;	Modos de Falla y frecuencia de falla.....	76
Tabla N° 10;	Valores A, B, C, D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia por rotura de tuberías.....	78
Tabla N° 11;	Valores de frecuencia de ocurrencia por la rotura total de la tubería.....	79
Tabla N° 12;	Valores A, B, C, y D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia por rotura de tuberías.....	80

Tabla N° 13;	Valores de frecuencia de ocurrencia por la rotura total de la tubería.....	80
Tabla N° 14;	Valores de A, B, C y D para el cálculo de la frecuencia de ocurrencia de los escenarios de la bomba y compresora.	81
Tabla N° 15;	Valores de frecuencia de ocurrencia por los escenarios para la bomba de GLP.	82
Tabla N° 16;	Valores A, B, C y D para cálculo de frecuencia de ocurrencia en el tanque de almacenamiento.	83
Tabla N° 17;	Valores de frecuencia de ocurrencia en el tanque de almacenamiento.....	83
Tabla N° 18;	Valores A, B, C y D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia en el tanque móvil.	84
Tabla N° 19;	Valores de frecuencia para los escenarios en el tanque móvil. ..	85
Tabla N° 20;	Valores A, B, C y D para el cálculo de la frecuencia de ocurrencia por rotura de la manguera de carga y descarga.	86
Tabla N° 21;	Valores de frecuencia de ocurrencia para los escenarios por rotura de la manguera de carga y descarga.	86
Tabla N° 22;	Descripción de los escenarios de riesgo con mayor frecuencia de ocurrencia.	87
Tabla N° 23;	Niveles de control de Riesgos.....	94
Tabla N° 24;	Probabilidad o frecuencia de ocurrencia.	95
Tabla N° 25;	Consecuencia o Severidad.	96
Tabla N° 26;	Clasificación de las consecuencias para cada escenario.	98
Tabla N° 27;	Matriz de riesgos.....	99
Tabla N° 28;	Válvulas de seguridad - alivio instaladas en planta de GLP.....	102
Tabla N° 29;	Significado generales de los colores de seguridad.	109
Tabla N° 30;	Forma geométrica y significado general.	110
Tabla N° 31;	Flujo de agua total requerida para el sistema contra incendio. .	115
Tabla N° 32;	Centrales de apoyo de emergencia de Trujillo.....	136
Tabla N° 33;	Inversión	138
Tabla N° 34;	Costos directos para programa de prevención de Riesgos.....	140
Tabla N° 35;	Costos indirectos para programa de prevención de Riesgos....	141
Tabla N° 36;	Costos - beneficio	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1	Los escapes como fuente de incendio y explosión.	29
Gráfico N° 2	Árbol de eventos para una fuga de GLP en líneas aéreas de transferencia de producto.	78
Gráfico N° 3	Árbol de eventos para una fuga de GLP en líneas enterradas. ..	80
Gráfico N° 4	Árbol de eventos para una fuga de GLP en los sellos de la bomba y compresora.	81
Gráfico N° 5	Árbol de eventos para una fuga de GLP en el tanque de almacenamiento.....	82
Gráfico N° 6	Árbol de eventos para fuga de GLP en el tanque móvil.	84
Gráfico N° 7	Árbol de eventos por fuga en la manguera de carga y descarga.	85
Gráfico N° 8	Brigada de emergencias.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1;	Ubicación de la planta.....	53
Figura N° 2;	Matriz de riesgos.....	93

INTRODUCCIÓN

El presente documento describe en forma ordenada y sucinta el proceso para desarrollar un programa de prevención de riesgos y control de incendios, para la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa JEBICORP S.A.C. en la provincia de Trujillo.

Este estudio tiene como finalidad detectar y analizar los probables casos de emergencia que pudieran presentarse en la planta envasadora de GLP y desarrollar un programa de prevención con las medidas y acciones que se implementarán para mitigar y/o neutralizar sus efectos, a fin de proteger la vida humana, salvaguardar las instalaciones, insumos, materiales, bienes de la empresa y/o las propiedades comunitarias, conservando el medio ambiente.

En tal sentido para detectar los escenarios de emergencias, que pudieran presentarse en la planta envasadora GLP, se debe tener en cuenta el análisis de todos los factores siendo los más importantes los siguientes:

- Fallas en las instalaciones.
- Exposición de fugas e incendios que se puedan extender a otras instalaciones.
- Explosiones.
- Fenómenos naturales.
- Seguridad en el interior y exterior del establecimiento, con la finalidad de evitar y/o controlar actos delictivos.
- Facilidades de acceso e intervención de las brigadas de emergencia.

La metodología seguida para la realización del presente proyecto, consta de las siguientes etapas:

- Descripción de la distribución de la plata de envasado, así como los procesos de trabajos que se realizan en la planta.
- Un análisis de riesgos donde se realice la determinación de la probabilidad y frecuencia de accidentes, para lo cual se ha hecho uso de valores genéricos de fallo en base a estadísticas realizadas a partir de datos históricos de accidentes.
- Desarrollo de un programa de prevención con las medidas de mitigación, monitoreo y control de cada uno de los riesgos. Igualmente se especificará el tiempo y la capacidad de respuesta en la instalación para el caso del riesgo mayor.
- La determinación económica del programa de prevención mediante una evaluación económica.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática.

En la actualidad muchos países siguen presentado accidentes en las diversas plantas de almacenamiento o refinación de hidrocarburos, siendo los principales problemas, no contar con un programa de prevención de riesgos, no ejecutar los trabajos según los procedimientos que cada planta presenta para sus diversas actividades o la falta de capacitación al personal sobre los diversos sistemas de protección que puede contar la planta o acciones que deberían tomarse ante un eventual incendio. Todo ello ha conllevado a diversos escenarios de riesgos que como consecuencias se han obtenido pérdidas ambientales, materiales y humanas.

En el Perú se han presentado algunos eventos con pérdidas materiales, con problemas muy frecuentes como la falta de equipos que puedan asegurar un buen proceso en el funcionamiento de la planta y la falta de capacitaciones a los trabajadores que ayudaría contraatacar los eventos de riesgo que se han presentado. Existen datos estadísticos que contribuyen a señalar todos los eventos y consecuencias que se han producido por una ignición en el interior de la planta, siendo datos internacionales los de mayor envergadura.

Estos datos han permitido en otros países que las condiciones de trabajo y las capacitaciones a los trabajadores de la planta mejoren. Es por ello que se ha tomado en cuenta las diversas investigaciones sobre plantas químicas, normas nacionales e internacionales como ayuda para el desarrollo un programa de prevención de riesgos que ayudará a minimizar las posibilidades de un incendio o controlar el evento con los equipos instalados en el interior de la planta.

En diversas investigaciones referentes a programas de prevención de riesgos y control de incendios, coinciden en sus conclusiones que un análisis de riesgos e instalación de equipos adecuados, disminuyen la posibilidad que un evento de incendio se pueda presentar en el interior de la planta.

1.2. Formulación del Problema

¿El desarrollo de un programa de prevención de riesgos y control de incendios para la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa Jebicorp S.A.C. podrá ayudar a mitigar o neutralizar los posibles escenarios de emergencia que pudieran presentarse en la planta envasadora?

1.3. Delimitación de la investigación.

La presente investigación se realiza dentro de la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa Jebicorp S.A.C. ubicada en la zona industrial del distrito de la Esperanza, en la provincia de Trujillo del departamento de la Libertad.

1.4. Justificación e importancia de la investigación.

El presente proyecto nos permitirá realizar el análisis para la identificación de riesgos, cálculos para la instalación de equipos adecuados que nos ayudaran con la seguridad en los procesos de trabajo en el interior de la planta y la elección de los elementos de protección necesarios para salvaguardar las instalaciones, insumos, materiales y/o bienes de la empresa.

Contribuirá a la seguridad en los trabajos realizados en la planta, siendo la vida humana el principal objetivo a cuidar y considerar un adecuado manejo de los equipos y productos que se utilizan en la planta, reduciendo de esta manera acciones que pudieran ser inicios de riesgos o impactos ambientales.

1.5. Limitaciones de la Investigación.

Las limitaciones de la investigación estuvieron basadas en la falta de información estadística de accidentes en plantas envasadoras a nivel nacional, siendo la única información por medios televisivos o periodísticos, utilizando la información internacional de plantas industriales químicas y energéticas con similar sustancia química de trabajo.

1.6. Hipótesis.

El desarrollo de un programa de prevención de riesgos y control de incendios para la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa Jebicorp S.A.C. si ayudará a mitigar o neutralizar los posibles escenarios de emergencia que pudieran presentarse en la planta envasadora.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Desarrollar un programa de prevención de riesgos y control de incendios como medida para mitigar o neutralizar los probables casos de emergencias que pudieran presentarse en la planta de Gas Licuado de Petróleo.

1.7.2. Objetivos Específicos.

- Describir la distribución y procesos de operación dentro de la planta envasadora de gas licuado de petróleo.
- Analizar los riesgos para determinar los probables casos de emergencia que se pudieran presentar por las instalaciones y operatividad en la planta.
- Desarrollar programa de seguridad para la planta envasadora de gas licuado de petróleo como medida de prevención a los casos de emergencia analizados.
- Determinar el presupuesto del programa de prevención para la planta envasadora.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

- **Ing. Tatiana Gutiérrez Quiñonez (2016). “Análisis de Riesgos en el manejo de GLP durante todo el proceso logístico de la empresa KinGas” (tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador;** quien en sus conclusiones manifiestan lo siguiente:

La matriz de riesgos evidenció que aquellos de naturaleza mecánica son los de mayor prioridad, además de los eléctricos, ergonómicos, químicos y físicos.

Los tres principales accidentes laborales que ocurrieron en la empresa fueron por causa de los riesgos mecánicos, los cuales dieron lugar a lesiones de consideración, entre los que se citan las fracturas, representando el 74,69% de los problemas considerados en las estadísticas de accidentabilidad, siendo las causas principales el estibado manual de los cilindros de 15 Kg., sin que se haya observado un registro de inspecciones planeadas ni la planificación de la capacitación del personal, más aun tratándose de un derivado de petróleo de alta inflamabilidad, incrementando el riesgo de explosión en el lugar de almacenamiento, en el transporte y distribución del producto.

- **Ing. Alexis Vladimir Mora García (2007). “Evaluación de los riesgos involucrados en el almacenamiento, transporte y distribución del Gas Natural” (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México;** quien en sus conclusiones manifiestan lo siguiente:

Esta tesis demuestra que el gas natural es un hidrocarburo peligroso que si no se maneja adecuadamente puede afectar de forma considerable a la población y al ambiente, especialmente en caso de presentarse algún accidente durante su almacenamiento líquido.

Se mencionan propuestas de medidas de seguridad que pueden aplicarse para controlar el riesgo de incendio, cabe mencionar que su aplicación depende de una evaluación profesional debido a que se deben considerar muchos factores antes de su implantación.

La validación y aplicación de las medidas se encuentran fuera del alcance de la tesis.

Para alcanzar los objetivos planteados se utilizaron varias habilidades adquiridas durante la estancia en la 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, evaluación de resultados, sentido de innovación, entre otros.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

- **Bch. Eulogio Gomero Luna (2012). "Implementación de un sistema integrado de prevención de riesgos en una planta de GLP" (tesis de titulación). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú;** quien en sus conclusiones manifiesta lo siguiente:

Se debe establecer un grupo especializado en la responsabilidad de controlar en forma oportuna y adecuada una fuga o situación insegura que pudiera suceder en la planta.

Optimizar el uso de los recursos humanos y materiales comprometidos con el control de fugas, estableciendo un procedimiento específico a seguir durante el desarrollo de las operaciones de respuesta.

Determinar los mecanismos de coordinación entre los responsables de nuestro plan de contingencias y las instituciones estatales involucradas en el plan Nacional de Contingencias.

- **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", elaborado por el Ing. Felipe Gonzales Cruz, Arequipa 2015;** quien en sus conclusiones manifiesta lo siguiente:

Se han identificado 34 escenarios de riesgos, 13 (38.2%) escenarios categorizados como "RIESGO ALTO", 15 (44.1%) escenarios categorizados como "RIESGO MEDIO" y 8 (23.5%) como "RIESGO BAJO".

Una vez aplicado las medidas de seguridad (salvaguardas), los riesgos quedaron reducidos en "RIESGO MEDIO" y "RIESGO BAJO".

Entre las medidas de prevención, control y mitigación para cada uno de los eventos de riesgo analizados en el presente estudio se tiene:

Establecer y asegurar el cumplimiento del programa de inspección y mantenimiento de tanques y accesorios asociados.

Establecer y asegurar el cumplimiento del programa de inspección y mantenimiento de mangueras.

Establecer y asegurar el cumplimiento de programa de mantenimiento e inspección de tuberías.

Revisión periódica de los equipos detectores de gas.

Revisión periódica de los mandos de las válvulas de cierre de emergencia y válvulas internas.

Evitar conglomeración de unidades de transporte (camiones cisternas, camiones graneleros, camiones repartidores, etc.) en el interior de la planta envasadora.

Fijar letreros de seguridad que indiquen: "Peligro, Gas Inflamable", "Se prohíbe fumar", "No opere con sin la conexión puesta a tierra", "Se prohíbe encender cualquier clase de fuego en el interior de la planta", "Apague el motor de su vehículo, el radio y otro equipo eléctrico, en la zona de cargo y descarga" y otros.

2.2. Fundamento Teórico.

2.2.1. Base Teórica.

2.2.1.1. Gas Licuado de Petróleo.

El Gas Licuado del Petróleo- GLP es un combustible que proviene de la mezcla de dos hidrocarburos principales: el propano y butano y otros en menor proporción. Es obtenido de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción.¹

El GLP es incoloro e inodoro, se le añade un “odorizante” para lograr detectar cualquier tipo de fuga. A continuación se mencionan algunas propiedades del GLP:

Presión de vapor de un líquido: Es la presión de un sistema cuando el líquido se encuentra en equilibrio con el vapor.²

Calor específico: Cantidad de Calor necesaria para aumentar la temperatura de la unidad de masa en un grado.

Reacciones químicas: Son transformaciones en que unas sustancias reactantes dan lugar a otras sustancias productos y a unos efectos energéticos.

A. Teoría del Fuego

Se describen algunas definiciones sobre los mecanismos mediante los cuales se produce el fuego.

¹ GasNova, “Asociación Colombiana de GLP”, Colombia. Obtenida en: <http://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>

² https://www.ecured.cu/Presi%C3%B3n_de_vapor

Triangulo del fuego: Son los elementos necesarios para que se pueda producir la combustión, tiene de gran importancia para lograr explicar cómo podemos extinguir un fuego eliminando uno de estos elementos.

Combustión: Es una reacción exotérmica autoalimentada con presencia de un combustible en fase sólida, líquida y/o gaseosa. El proceso está generalmente (aunque no necesariamente) asociado con la oxidación de un combustible por el oxígeno atmosférico con emisión de luz. Generalmente los combustibles sólidos y líquidos se vaporizan antes de arder.³

Ignición: La ignición producida al introducir una pequeña llama externa, chispa o brasa incandescente, constituye la denominada ignición provocada. Si la ignición no la provoca ningún foco externo se denomina auto-ignición.⁴

Incendio: 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. Las temperaturas teóricas de llama de los distintos gases que arden en el aire (sin exceso de oxígeno), no varían de forma apreciable a pesar que existan importante diferencias en el calor de combustión.

³ Pullido Montoya José, "Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo", Perú, 2005. Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

⁴ Pullido Montoya José, "Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo", Perú, 2005. Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

Esto se debe a que los gases con mayor poder calórico necesitan de más aire para la combustión.⁵

Mecanismos de extinción: De acuerdo a la teoría del tetraedro del fuego, el cual determina que se puede extinguir al eliminar uno o varios elementos, como el calor (enfriamiento), combustible, oxígeno o reacciones en cadena (inhibición de la reacción). Los cuales a continuación describimos:

Extinción por enfriamiento: Este método de extinción se basa en bajar la temperatura hasta que el material que arde deja de emitir vapores y por tanto el fuego se sofoca.

Para ello debemos usar un medio extintor que sea capaz de enfriar muy rápido.⁶ El ejemplo más claro de este caso es cuando apagamos un fuego con agua.

Extinción por dilución de oxígeno: El oxígeno se encuentra presente en el aire a una concentración de 20.9; como volúmenes iguales de gases contienen el mismo número de molécula, y es posible calcular la densidad de los mismos a partir de sus pesos moleculares, así como deducir que el porcentaje de oxígeno en un espacio dado se reduce cuando penetran gases “extraños”. El grado necesario de dilución del oxígeno para este objeto varía enormemente según el material combustible que esté ardiendo.

⁵ Pullido Montoya José, “Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo”, Perú, 2005. Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

⁶ Mecanismos de extinción de incendios. España (2010). www.seguridadprotecciondeincendios.es. Obtenido en: <http://www.seguridadproteccioncontraincendios.es/mecanismos-de-extincion-de-incendios/>.

Los gases y vapores de hidrocarburos no suelen arder cuando el nivel de oxígeno está por debajo del 15 %.⁷

Extinción por eliminación del combustible: Dentro de todos los materiales clasificados poseen diferentes características que afectan el modo de control del fuego, esto incluye la amplia gama de temperaturas de Ignición.⁸

La eliminación por combustible consiste en separar el material bajo algún procedimiento o proceso.

Extinción por inhibición química de la llama: Las reacciones de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres formados son neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene. Los halones son los agentes extintores cuya descomposición térmica provoca la inhibición química de la reacción en cadena.⁹

Algunos autores postulan, que el gran efecto extintor sobre las llamas del polvo, es debido a una inhibición física por la separación espacial de los radicales libres, que provocan las minúsculas partículas de polvo proyectadas.

⁷ Pulido Montoya, José Luis. Tesis: Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de gas licuado de Petróleo. (Perú - 2005). Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

⁸ Bósquez Yanéz Flor María, Tesis: Diseño de un sistema contra incendios en base a la normativa NFPA, para la empresa metalúrgica ecuatoriana Adelca c.a; (Ecuador -2013). Obtenido en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2694/1/85T00253.pdf>.

⁹ Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Métodos de extinción y agentes extintores. (España - 1984). www.insth.es

Obtenido en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_099.pdf

B. 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.

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.¹⁰

Tipos de explosiones: Se consideran dos tipos, explosiones mecánicas y explosiones químicas.

a. Explosiones mecánicas: En determinados casos el gas alta presión se genera por medios mecánicos o por fenómenos sin presencia de un cambio fundamental en la sustancia química.¹¹

Una explosión puramente mecánica es la rotura de un depósito a alta presión que produce la liberación del gas almacenado.

b. Explosiones químicas: La generación de gases a alta presión es el resultado de las reacciones exotérmicas que hacen cambiar la naturaleza química del combustible.

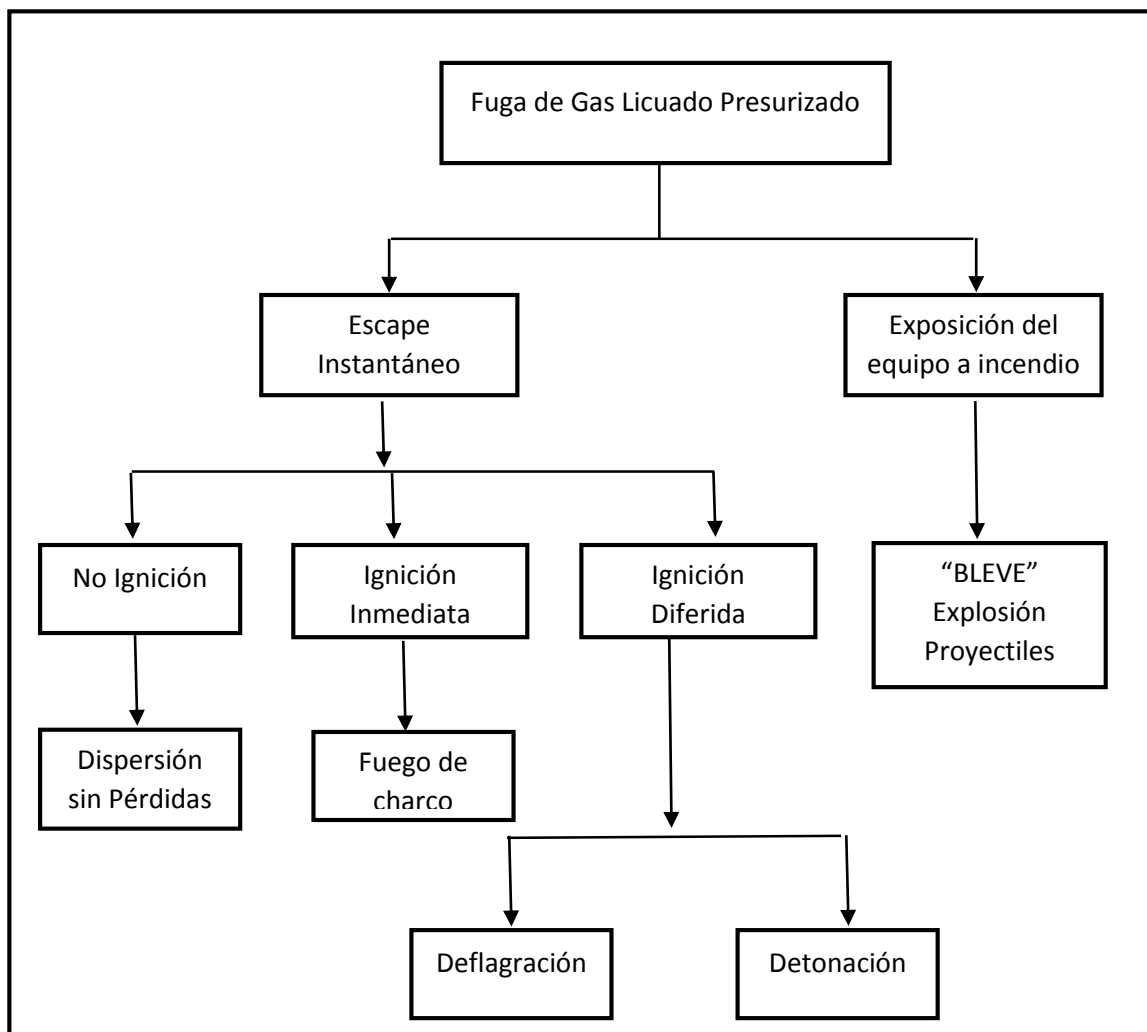
¹⁰ Pullido Montoya José, "Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo", Perú, 2005. Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

¹¹ Estrucplan Consultora S.A, Argentina. Obtenida en: <http://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-seguridad-industrial/explosiones-definicion-clasificacion-por-origen/>

Las reacciones químicas que se producen como resultado de las explosiones se suelen propagar en un frente de reacción que se desplaza a partir del punto de la explosión.¹²

A continuación se presenta en el Gráfico N° 1 los posibles eventos que se podrían presentar al producirse la fuga de un gas licuado presurizado, determinado cual evento se producirá.

Gráfico N° 1; Los escapes como fuente de incendio y explosión.



Elaboración: Tesista

Fuente: Adaptado de "Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas"

¹² Pullido Montoya José, "Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo", Perú, 2005. Obtenido en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/527/1/pulido_mj.pdf

2.2.1.2. Análisis de Riesgos.

Para la determinación de los niveles de riesgos, el primer requisito es la identificación de los peligros que envuelven a las instalaciones, este proceso se realiza en dos fases, la primera para detectar posibles accidentes y la segunda para la caracterización de sus causas, es decir los sucesos o cadenas de sucesos que provocan el incidente no deseado.

La primera fase debe realizarse con mucha atención, ya que define el desenlace de la segunda.

Las técnicas de análisis tienen características distintas, lo cual las hace apropiadas para ser aplicadas a diferentes etapas de la vida de una instalación o para proporcionar un nivel de detalle de estudio diferente, a continuación describiremos algunas de las metodologías que pueden ser utilizadas en esta primera etapa.

- **Análisis histórico de accidentes:** Su objetivo primordial es detectar los peligros presentes en una instalación por comparación con otras similares que hayan tenido accidentes registrados en el pasado.¹³

Analizando esos accidentes es posible conocer las fuentes de peligro, estimar el alcance posible de los daños e incluso, si la información es suficiente, estimar la frecuencia de ocurrencia.

¹³ Protección Civil, “Métodos cualitativos para el análisis de riesgos”, España. Obtenido en: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_1.htm

La técnica se basa en una recopilación de accidentes en forma de banco de datos donde se encuentra almacenada la información relativa a los mismos, información que permite, de alguna manera el establecimiento de “puntos débiles” en el sistema cuya seguridad requiere estudiarse.

- **Análisis preliminar de riesgos:** Este método es similar al análisis histórico de accidentes, aunque no se basa en el estudio de siniestros previos sino en la búsqueda bibliográfica de peligros que puedan hallarse presentes en una nueva instalación a partir de la lista de productos químicos presentes.¹⁴

El procedimiento consiste en obtener información completa sobre materiales, sustancias, reactivos y operaciones previstas, comparar estos procesos con otros de los que se tenga experiencia anterior, adaptar estas experiencias al caso actual y analizar las operaciones y equipos previstos desde el punto de vista de los peligros presente en cada uno.

Estos puntos críticos deben ser objeto de un estudio técnico algo más detallado. Por último, como resulta lógico, deberán proponerse las medidas a adoptar para disminuir o eliminar los peligros detectados.

¹⁴ Protección Civil, “Métodos cualitativos para el análisis de riesgos”, España. Obtenido en: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_1.htm

- **Análisis “¿Qué pasa si...?” (What if...?):** Consiste en responder cualitativamente a una batería de preguntas del tipo “¿Qué pasa si...?”, en relación con las variables del proceso o los servicios necesarios.¹⁵

Para llevar a cabo este análisis de forma estructurada se recomienda seguir la línea de proceso, desde la recepción de materiales hasta la entrega del producto terminado.

- **Análisis mediante listas de comprobación:** Consiste en contrastar la realidad de la planta con una lista muy detallada de cuestiones relativas a los más diversos ámbitos, tales como condiciones de proceso, seguridad o estado de las instalaciones.¹⁶

Es necesario para esto disponer de listas de comprobación específicamente desarrolladas para esa planta en concreto. A la hora de aplicar el análisis, basta con seguir la lista de referencia y responder a todas y cada una de las cuestiones planteadas, obteniendo así un perfil sobre el cumplimiento de los criterios de seguridad de la planta analizada.

¹⁵ Protección Civil, “Métodos cualitativos para el análisis de riesgos”, España. Obtenido en: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_1.htm

¹⁶ Manuel Sánchez Muñoz; Curso Análisis de riesgos industriales en plantas químicas y petroleras. (España-2016)

- **Análisis de modos y efectos de falla:** Este método persigue establecer los posibles fallos de todos y cada uno de los elementos de la planta, analizando las consecuencias y considerando aquellas que puedan desencadenar un accidente, sugiriendo las medidas a adoptar para controlar tales situaciones de peligro. ¹⁷

Se inicia el estudio identificando todos los equipos de la planta y estableciendo sus condiciones normales de proceso; a continuación, para cada equipo, se detallan todos y cada uno de los fallos posibles y se analizan sus posibles consecuencias. Si se da la circunstancia de que una situación de fallo en un equipo produce una alteración en otro, debe trasladarse esta influencia al estudio del equipo afectado.

- **Análisis de peligro y operatividad:** Se trata de una técnica de seguridad orientada a identificar circunstancias de peligro y de accidente, siendo la operación (la garantía de funcionamiento) un aspecto secundario; es un método absolutamente sistemático, porque se controlan todas y cada una de las variables de proceso, en todos y cada uno de los equipos de la planta. ¹⁸

Se deben identificar todos los parámetros del proceso y sus condiciones de trabajo habituales, analizando de manera sistemática las desviaciones posibles.

¹⁷ Manuel Sánchez Muñoz; Curso Análisis de riesgos industriales en plantas químicas y petroleras. (España-2016)

¹⁸ Protección Civil, "Métodos cualitativos para el análisis de riesgos", España. Obtenido en: http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_1.htm

Se inicia el estudio identificando los equipos y líneas principales de la planta; para cada equipo o línea se relacionan todos los parámetros que afectan al sistema y se concretan sus condiciones habituales de proceso, a continuación, ayudados por unas palabras guía, se intenta incentivar la creatividad de los participantes en el estudio para que identifiquen cuales serían las consecuencias de que la variable estudiada se desviara de la condición de proceso en la forma indicado por la palabra guía (mas temperatura, menos pH, etc.).

- **Análisis mediante arboles de fallos:** Es una técnica cuantitativa que permite estimar la probabilidad de ocurrencia de un fallo determinado a partir del conocimiento de la frecuencia de ocurrencia de los sucesos iniciadores o causales, mediante la utilización de procesos lógicos inductivos y la confección de una secuencia lógica de sucesos.¹⁹

Se inicia su aplicación con la identificación de los sucesos capitales tales luego se establecen los sucesos iniciadores que son capaces de por sí o en combinación con otros, de desencadenar el suceso capital y se estructura el árbol de fallos mediante puertas lógicas.

¹⁹ Manuel Sánchez Muñoz; Curso Análisis de riesgos industriales en plantas químicas y petroleras. (España-2016).

Se asigna a cada suceso básico la probabilidad de ocurrencia, conocida por propia experiencia o por consulta a bancos de datos sobre la materia, y por último se calcula la probabilidad de los sucesos compuestos mediante la aplicación del álgebra de Boole hasta alcanzar el suceso capital.

- **Análisis mediante árboles de sucesos:** Mediante esta técnica se pretende estructurar la secuencia de eventos básicos que desencadena un tipo de accidente concreto, estableciendo también las probabilidades de ocurrencia, si el conocimiento de los sucesos básicos lo permite.²⁰ Para su aplicación se identifican los sucesos básicos o iniciadores y se aplican todas las disyuntivas lógicas que sean procedentes hasta obtener una representación gráfica en forma de árbol horizontal, en la que quedan representadas todas las posibles evoluciones del sistema.
- **Análisis de causa y consecuencia:** Es una combinación de árboles de fallos y árboles de sucesos por lo que también se utilizan símbolos lógicos y asignación de probabilidades a cada uno. Se elige un suceso capital como origen de la evaluación, se identifican los sucesos condicionales y se establece la secuencia lógica de acontecimientos incluyendo las disyuntivas existentes. En este árbol se mezclan eventos “fallos” con eventos “sucesos”.

²⁰ Manuel Sánchez Muñoz; Curso Análisis de riesgos industriales en plantas químicas y petroleras. (España-2016).

- **Índices de riesgos:** Son para aplicación en instalaciones complejas, en las que se evalúan una serie más o menos detallada de parámetros y se cuantifican unos valores que se permiten una evaluación del nivel de riesgo de la instalación analizada.²¹ Su grado de descripción de la instalación es limitado, por lo que los resultados obtenidos son genéricos y pueden pasar por alto algunos factores.

2.2.2. Base Legal.

2.2.2.1. Normas Internacionales.

- **Normas NFPA (National Fire Protection Association Asociación Nacional de Protección contra Incendios).**

Es la familia de normas más completa en el ámbito de la prevención y control de incendios, incluyen una serie de estándares y recomendaciones para la prevención y protección contra incendios en todos sus posibles escenarios, normando mecanismos de extinción, clasificación de fuego, además de diversos estudios acerca de las características y comportamiento del fuego, incluyendo metodologías análisis de riesgo.

²¹ Manuel Sánchez Muñoz; Curso Análisis de riesgos industriales en plantas químicas y petroleras. (España-2016).

- **NFPA 10, Standard for Portable Fire Extinguishers (Estandar para los extintores Portátiles).**

Muestra los pasos a seguir para una adecuada selección, distribución, inspección, mantenimiento y prueba hidrostática de los extintores portátiles contra incendios.

Tiene un enfoque a los requisitos completos para extintores utilizados para combatir incendios de clase A, B, C y D.

- **NFPA 15, standard for water spray fixed systems for fire Protection (Estandar para los sistemas fijos de aspersión de agua para protección contra incendios).**

Norma con la cual provee los requerimientos mínimos para el diseño e instalación y pruebas de aceptación de los sistemas fijos de aspersores de agua para servicio de protección contra incendio y los requerimientos mínimos para las pruebas hidrostáticas, mantenimiento del sistema.

- **NFPA 20, Standard for the Installation of stationary Pumps For fire Protection (Norma para la Instalación de Bombas estacionarias para Protección Contra Incendios).**

Esta norma trata de los requerimientos para la selección e instalación de bombas que suministran líquido a sistemas privados de protección contra incendio.

En él se incluye equipamiento de succión, descarga y auxiliar, suministros de energía control de motores diésel y control de turbinas de vapor y pruebas de aceptación y operación.

- **NFPA 58, Liquefied Petroleum Gases (Gas Licuado de Petróleo).**

Norma aplicada al almacenamiento, manejo y transporte y usos de gas licuado de petróleo, aplicables a recipientes, tuberías y equipos asociados cuando se suministren GLP, así mismo para el diseño y construcción, instalaciones y operación de terminales marítimas cuyo principal propósito es en la recepción de GLP.

2.2.2.2. Normas Nacionales.

A. Reglamento para la protección Ambiental en las actividades de Hidrocarburos – D.S. N° 039-2014-EM.

Reglamento para protección ambiental en las actividades de hidrocarburos donde el art. 23 indica para trabajos en plantas envasadoras.

- **Art. 23°, D.S. N° 039-2014-EM**

Artículo en el cual menciona que la planta envasadora deberá contar con una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en el deberá contener lo siguiente:

- Datos generales.
- Descripción del proyecto.
- Selección del área.
- Identificación y evaluación de los impactos.
- Plan de contingencias.
- Plan de abandono

B. Reglamento para la comercialización de Gas Licuado de Petróleo. D.S. N° 01-94-EM.

Reglamento el cual establece los requisitos para construir y operar plantas de abastecimiento, plantas envasadoras de GLP y locales de venta.

- **Art. 10°, D.S. N° 01-94-EM**

Artículo en el cual se presenta los requisitos necesarios para la construcción de una planta envasadora, diversos procesos administrativos en las entidades municipales así como el diseño de ingeniería de las diversas especialidades para la construcción de la planta.

C. Artículos normativos nacionales para protección física en la planta D.S. N° 027-94-EM.

- **Art. 7°;** Establece que las Plantas Envasadoras en ningún caso podrán ubicarse a una distancia menor a 50 m de estaciones o subestaciones eléctricas y a menos de 100 m de locales públicos como escuelas, hospitales, cines, iglesias, centros comerciales u otros donde se realicen concentraciones de público ya sea que existan o estén previstos.

- **Art. 42° y 43°;** Artículos para protección en la zona de plataforma de envasado, donde describe que los recipientes portátiles deberán construirse con materiales incombustibles, tener una adecuada ventilación, que los bordes de la plataforma de envasado deberán protegerse con material que impida la producción de chispas por impacto o accionamiento de los vehículos repartidores.
- **Art. 49° y 50°;** Establecen las medidas de protección para cada salida útil del múltiple de llenado de cilindros portátiles, los cuales deben contar con accesorios de control que permitan una operación segura y eficiente.

Además considera que todo el sistema de envasado, múltiples de llenado y básculas deberá tener conexión a tierra, para descarga de corriente estática.
- **Art. 51°;** Artículo donde se considera que para la carga y descarga de camiones cisterna hacia tanques estacionarios en las plantas envasadoras, no se podrán realizar a una distancia menos de 3 metros entre ellos, los camiones cisterna contarán de una conexión a tierra para descarga de la corriente estática.
- **Art. 79°;** Considera que en el interior de la planta envasadora se construirán con materiales incombustibles y se ubicarán fuera de las zonas de envasado y almacenamiento.

- **Art. 58° y 59°;** Artículos donde se consideran los parámetros para las instalaciones de conducción de energía eléctrica, las cuales deberán ser entubadas o soterradas, resistentes a la corrosión y a prueba de roedores.
- **Art. 67°;** Artículo donde se prohíbe la instalación de talleres para reparación de unidades automotrices o de otros talleres donde causen la generación de chispas o exista la necesidad de hacer uso de fuego directo.
- **Art. 29°;** Medida de protección donde establece que la bombas, compresoras y sus motores deberán instalarse sobre bases de concreto de dimensiones apropiadas, exceptuándose en el caso de bombas directamente acopladas a recipientes y deberán contar con conexión a tierra para descarga de la corriente estática.
- **Art. 13°;** Se establece las formas de protección para tanques de almacenamiento, los cuales deberán colocarse dentro de una zona de protección, delimitada por medios de seguridad como cercos, barreras o topes, cuyo diseño y materiales protegerán a los tanques, accesorios y tuberías contra daños mecánicos que puedan causar algún vehículo.
- **Art. 30° y 31°;** Son artículos para el control de ignición, los cuales especifican que los motores eléctricos deberán ser blindados, a prueba de explosión y contar con un interruptor automático de sobre carga.

Así mismo en el diseño de las instalaciones eléctricas, selección de equipos y materiales que se empleen dentro de las zonas de llenado, de almacenamiento de cilindros, de los tanques estacionarios a una distancia menor de 4.50 m (15 pies) de sus límites, deberá cumplir con lo establecido con las especificaciones de la clase 1 – grupo D del código nacional de electricidad.

- **Art. 70°;** Establece las señales y letreros de seguridad que deberá contar la planta en su interior de acuerdo a la norma técnica peruana N° 399.009 que indiquen lo siguiente:
 - Se prohíbe fumar.
 - Velocidad máxima de 20km/h.
 - No opere sin la conexión puesta a tierra.
 - Peligro, gas inflamable.
 - Se prohíbe encender cualquier clase de fuego en el interior de la planta.
 - Se prohíbe el paso de vehículos o personas no autorizadas.
 - Se prohíbe el paso a esta zona a personal no autorizado, en cada lado de la zona de almacenamiento.
 - Apague el motor de su vehículo, el radio y otros equipos eléctricos, en la zona de carga y descarga.
 - Calzar los vehículos con tacos para movilizarlo durante la carga y descarga.

- **Art. 71°;** Se determina los parámetro del ingreso de vehículos a la planta, quedando prohibido el ingreso de toda clase de vehículos que tengan tubos de escape con motor de combustión interna , desprovistos de mata chispas o silenciadores, sobre todo cuando estos últimos están perforados o deteriorados.
- **Art. 90°;** Donde se establece que no se podrá almacenar cilindros de GLP en áreas donde se expendan combustibles líquidos y sólidos u otras sustancias peligrosas, salvo que se ubiquen en un área independiente.

D. Artículos normativos nacionales para protección con dispositivos de seguridad D.S. 027-94-EM.

- **Art. 19°;** Se mencionan los accesorios y válvula utilizadas en tanques de para GLP, los cuales deberán contar por lo menos con los siguientes accesorios:
 - Un medidor de flujo de nivel máximo de líquido.
 - Un medidor flotante, medidor rotativo o medidor de tubo deslizante o una combinación de estos medidores.
 - Termómetro.
 - Manómetro calibrado con conexión a la fase de vapor, con un rango de lectura de cero a trescientos (0 – 300) libras por pulgada cuadrada (psi).
 - Válvula(s) de seguridad de acuerdo al código de diseño del recipiente o NFPA 58.
 - Válvulas para las conexiones de ingreso y salida de GLP, que cumplan con la siguiente tabla.

Así mismo las tuberías utilizadas para la transferencia de GLP en las plantas envasadoras deberán ser de acero, debiendo ser de cédula 40 o más en el caso de ser soldadas y cédula 80 si su instalación es roscada.

- **Art. 36°;** En ella se menciona que cuando se disponga que las tuberías se instalen de forma soterrada, la profundidad mínima será de 0.60 m bajo el nivel del piso y contarán con recubrimiento anticorrosivo. Estas tuberías deberán ser soldadas y no se usarán bridas.
- **Art. 40°;** Establece la instalación de válvulas de seguridad o de alivio con capacidad de descarga adecuada en los tramos de tubería en la que pueda quedar atrapado GLP en su fase líquida, entre dos válvulas de cierre.
- **Art. 51°;** Se deberá contar en la instalación fija próxima a la manguera, con una válvula de cierre de emergencia, la que debe contar con todos los dispositivos de accionamiento siguientes:
 - Cierre automático a través de un activador térmico. Cuando se empleen elementos fusibles, estos deberán tener una temperatura de fusión que no supere los 121°C.
 - Cierre manual desde una ubicación remota.
 - Cierre manual en el sitio en que se encuentra instalada.
- **Art. 24°;** Señala que las válvulas de seguridad de los tanques estacionarios deberán estar entubadas y protegidos del ingreso de elementos extraños.

- **Art. 53°;** Describe las medidas que se deben tomar con respecto a las mangueras de despacho en zona de carga y descarga de GLP, las cuales la de mayor consideración es a que se debe evitar el rozamiento o fricción contra el piso u otra superficie, debilitando dichos puntos de contacto.
- **Art. 55°;** Describe a las mangueras usadas en el llenado del trasiego de GLP, el cual deberán ser resistentes a la acción de éste con una presión de ruptura de 120 kg/cm² o más y a una presión de trabajo no inferior a 24.6 Kg./cm². Así mismo deben llevar en forma continua a intervalos no superiores a 3 m las siguientes marcas: "GAS LICUADO", o "LPGAS" o "LPG", ``Presión de trabajo 2,4 MPa ó 350 psi Presión de Trabajo" o más y, el nombre del fabricante".
- **Art. 76;** Especifica que toda Planta Envasadora deberá contar con sistema de alarma para casos de incendio, mediante el cual se avise en forma efectiva y oportuna a todo el personal, de la iniciación de una emergencia. De esta manera se hace mención que la instalación debe estar conectada por línea telefónica directa u otro sistema de alarma a distancia con la Central del Cuerpo de Bomberos de la localidad. Deberá, asimismo, mantenerse un rol actualizado conteniendo los números telefónicos para casos de emergencia.

2.3. Marco conceptual.

- **Accesorios de los tanques estacionarios:** Son los dispositivos instalados en las aperturas de los tanques estacionarios²² para fines de seguridad, control u operación.
- **Análisis de Riesgo:** Es el estudio para evaluar los peligros potenciales y sus posibles consecuencias en una instalación existente o en un proyecto, con el objeto de establecer medidas de prevención y protección.
- **Bomba de GLP:** Equipo utilizado para trasvase de GLP líquido en un recipiente a otro utilizado a diferencial de presión para llevar a cabo la transferencia.
- **Cilindros para Gas Licuado de Petróleo:** En adelante “Cilindros” envase portátiles especiales de acero, fabricados para contener el Gas Licuado de Petróleo y que por su forma, peso y medidas, facilitan su manipuleo, transporte e instalación.
- **Camión Tanque:** Es el vehículo automotor equipado con tanque de carga montado sobre su chasis²³, conformando una sola unidad con accesorios e instrumentos de seguridad.
- **Capacidad de agua:** Cantidad de agua necesaria para llenar un tanque.
- **Compresor de gas:** Equipo utilizado para presurizar la fase gaseosa a fin de realizar el trasvase de GLP líquido de un recipiente a otro, además permite la recuperación del vapor de un recipiente.

²² Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), Instalaciones para Consumidores directo y redes de distribución, (NTP 321.123-2009), Lima - Perú

²³ Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), Instalaciones para Consumidores directo y redes de distribución, (NTP 321.123-2009), Lima - Perú

- **Detector de gas:** Equipo para la detección permanente de concentraciones peligrosas de vapores de GLP en el ambiente²⁴.
- **Dispositivo de cierre por sobrepresión:** Dispositivo que corta el flujo de vapor de GLP cuando la presión de salida del regulador alcanza una máxima presión permitida predeterminada.
- **Fuentes de ignición:** Dispositivo o equipos que, debido a sus modos de operación, son capaces de proporcionar suficiente energía térmica para encender mezclas inflamables de vapor de GLP y aire al ser introducidas en dichas mezclas o cuando entra en contacto con los mismos, permitiendo la propagación de la llama.
- **Gas Licuado de Petróleo:** En adelante “GLP”, hidrocarburo compuesto por propano, butano, propileno y butileno, o mezclas del mismo en diferentes proporciones, que combinadas con el oxígeno en determinados porcentajes, forman una mezcla inflamable²⁵.
- **Hidrocarburo:** Todo compuesto orgánico, líquido o sólido, que consiste principalmente en carbono e hidrógeno.
- **Indicador de nivel:** Es el instrumento que mide el nivel de GLP líquido en el recipiente.
- **Manguera:** Conducto tubular fabricado de caucho con esfuerzo exterior, generalmente de material textil o metálico.
- **Manómetro:** Es el instrumento que mide la presión existente dentro del recipiente o en algún punto de la instalación.

²⁴ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 01-1994-EM) Lima, Perú.

²⁵ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 01-1994-EM) Lima, Perú.

- **Planta envasadora:** Establecimiento especial e independiente en el que una Empresa Envasadora almacena GLP con la finalidad de envasarlo en Cilindros o trasegarlo a Camiones Tanques²⁶. Este establecimiento puede actuar como Planta de Abastecimiento y/o Local de Venta.
- **Protección contra incendios:** Equipos que incluyen la prevención, la detección y supresión de incendios.
- **Redes de distribución de GLP:** : Instalación situada en un bien inmueble, debidamente inscrita en el Registro de Hidrocarburos, que cuenta con uno o más tanques estacionarios propios o cedidos en uso por un distribuidor a granel o empresa envasadora, para almacenar GLP con el fin de distribuirlo mediante tuberías a consumidores finales que lo empleen para uso propio y exclusivo²⁷.
- **Tanque estacionario de GLP:** Recipiente de acero fabricado de acuerdo a la Norma Técnica Nacional aprobada por INDECOPI, o en su defecto de acuerdo al Código ASME, Sección VIII, División I²⁸. Puede ser instalado de forma aérea, soterrado o monticulado, dependiendo de las condiciones de la instalación.
- **Tubería:** Conducto tubular flexible fabricado de caucho sin esfuerzo adicional.
- **Trasiego:** Operación que consiste en el retiro de GLP desde un tanque a otros medios mecánicos adecuados y seguros.

²⁶ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 01-1994-EM) Lima, Perú.

²⁷ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 01-1994-EM) Lima, Perú.

²⁸ Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), Instalaciones para Consumidores directo y redes de distribución, (NTP 321.123-2009), Lima - Perú

- **Válvula de cierre de emergencia:** Válvula que incorpora medios de cierre térmico y manuales y que también dispone de medios de cierre a distancia.
- **Válvula de exceso de flujo:** Válvula diseñada para cerrarse cuando el líquido o vapor que pasa a través del mismo excede una presión descrita del flujo.
- **Válvula de alivio de presión:** Tipo de dispositivo de alivio de presión diseñado tanto para aperturarse como cerrarse para mantener la presión interna del fluido.²⁹
- **Válvula de corte:** Elemento que permite o bloquea el paso de gas licuado de petróleo hacia cualquier sección de un sistema de tuberías o de un aparato de consumo.
- **Señal de evacuación:** Es la señal de seguridad que indica la vía segura de la salida de emergencia.³⁰

²⁹ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Dirección General de Hidrocarburos, "Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP" (D.S. N° 01-1994-EM) Lima, Perú.

³⁰ Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), Instalaciones para Consumidores directo y redes de distribución, (NTP 321.123-2009), Lima - Perú

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Tipo y Diseño de investigación.

3.1.1. Tipo.

De acuerdo al propósito de la investigación basada en analizar los eventos ya ocurridos de manera natural, siendo los métodos el análisis descriptivo y experimental reuniendo las condiciones como una Investigación de tipo ex post facto.

3.1.2. Diseño.

El diseño de la presente investigación consiste en desarrollar una descripción de la planta envasadora, analizar e identificar los riesgos en la planta y proponer un programa de prevención de riesgos y control de incendios a basa de capacitaciones y descripciones de equipos de seguridad para la planta.

3.2. Población y Muestra.

La población ha sido representado por la misma muestra, que está conformada por el personal en el interior de la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa JEVICORP S.A.C.

3.3. Variables y Operacionalización.

3.3.1. Variables.

Según el criterio de su función o relación las variables son:

3.3.1.1. Variable dependiente.

Según la investigación realizada la variable dependiente es: Programa de prevención de riesgos.

3.3.1.2. Variable Independiente.

Según la investigación realizada la variable independiente es: Escenarios de emergencia en planta envasadora.

3.3.2. Operacionalización.

Después de identificar las variables de la investigación, se procederá a realizar las definiciones conceptuales y operaciones de cada una.

3.3.2.1. Operacionalización variable dependiente.

Programa de prevención de Riesgos: Es la disciplina que busca promover la seguridad de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un entorno laboral, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo.

Definición operacional

La variable será analizada mediante la evaluación de investigaciones que contengan programas de prevención de riesgos factibles en plantas químicas o refinerías con productos químicos similares.

3.3.2.2. Operacionalización variable independiente.

Escenarios de emergencia: El escenario de emergencia es la representación de la interacción de los diferentes factores de riesgo (peligro y la vulnerabilidad), en un territorio y en un momento dado.

Definición operacional.

La variable será evaluada mediante el análisis histórico de documentos de accidentes o escenarios de emergencia que hayan sucedido en plantas químicas similares a nivel nacional e internacional.

3.4. Métodos y técnicas de investigación.

Los recursos que se han utilizado para la recolección de los datos ha sido la evaluación, análisis de documentos bibliográficos de seguridad de plantas industriales, estudios de riesgos elaborados bajo los servicios prestados a la empresa Atix Gas S.A.C, entrevistas con personal de instalaciones de sistemas contra incendio.

3.5. Descripción de los instrumentos utilizados.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación han sido bibliografías internacionales como el manual estadístico “BEVI”, libro encargado de realizar cálculos estadísticos de probabilidad de frecuencia de ocurrencia sobre riesgos en plantas químicas industriales en países de Europa.

Normas NFPA (National Fire Protection Association) en las se encontró información de ayuda con respecto a equipos de seguridad, distancias y materiales para plantas de GLP que ayuda la propuesta del programa de prevención de riesgos y control de incendios.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción de la distribución y operatividad de la planta envasadora de gas licuado de petróleo.

4.1.1. Ubicación.

La planta envasadora de gas licuado de petróleo “JEBICORP S.A.C.” estará ubicada en:

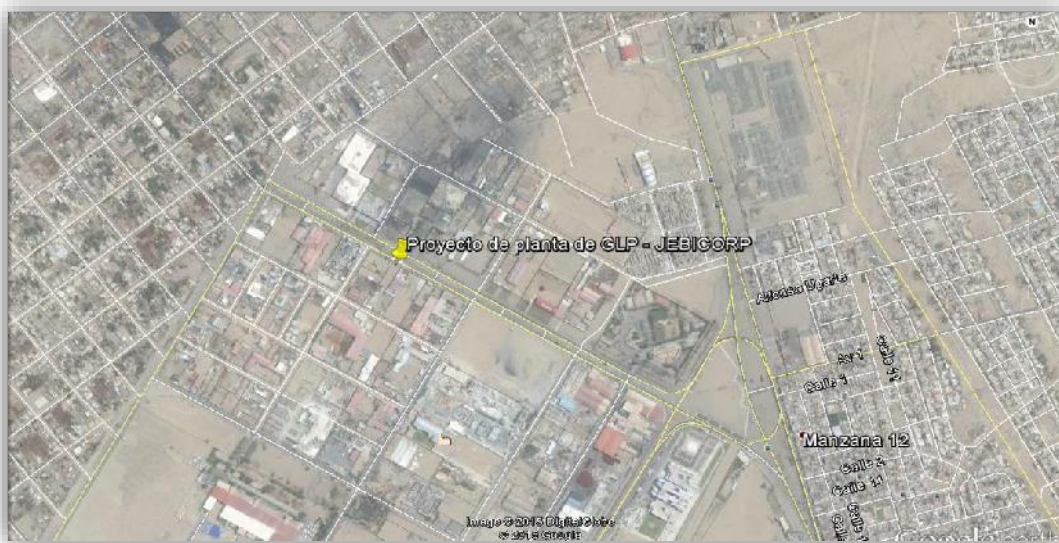
Tabla N° 1; Ubicación de la planta envasadora de Gas licuado de petróleo.

Dirección	Av. 2, Mz. C-3, Lote 11,12, 13 Parque Industrial.
Distrito	La Esperanza
Provincia	Trujillo
Departamento	La Libertad

Fuente: Jebicorp S.A.C.

Elaboración: Tesista

Figura N° 1; Ubicación de la planta



Fuente: Google Earth

La ubicación de la planta envasadora “JEBICORP S.A.C.” se encuentra de tal manera que cumplen con las distancias de seguridad que señala el D.S. 027-94-EM (Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo).

4.1.1.1. Linderos y Colindancias.

- Noreste: Colinda con la Av. 2.
- Sureste: Por el lado derecho colinda con una fábrica de zapatos.
- Sureste: Colinda con un lote vacío N° 6 y el lote N° 10.
- Noroeste: En la parte izquierda se encuentre la calle 13 con un ancho de 8.00 m de largo; luego se encuentra un predio que es utilizado para fabricación de carrocerías.

4.1.1.2. Medidas perimétricas.

La ubicación de la planta envasadora de GLP está ubicada según las coordenadas UTM de la siguiente manera:

Tabla N° 2; Coordenadas UTM.

Vértice	Lado	Distancia (m)	Coordenadas UTM Este (X)	Coordenadas UTM Norte (Y)
A	AB	43.10	9 110 082.38E	713 585.37N
B	BC	46.38	9 110 103.26E	713 547.65N
C	CD	17.60	9 110 062.16E	713 526.12N
D	DE	23.37	9 110 053.64E	713 541.52N
E	EF	25.50	9 110 032.93E	713 530.67N
F	FA	69.79	9 110 020.58E	713 552.92N

Fuente: Jebicorp S.A.C.

Elaboración: Tesista

4.1.1.3. Área.

El predio donde se construirá la planta envasadora de Gas licuado de Petróleo, tiene un área total de 2595.60 m².

4.1.2. Distribución de la planta.

La planta envasadora se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Zona de almacenamiento.

Zona donde el almacenamiento de GLP se realizara a través de 02 tanques estacionarios de 30,000 galones, instalados de forma soterrado y un tanque pulmón de 500 galones, instalado de forma aérea, estos tanques serán certificados de acuerdo a su instalación, por un organismo acreditado ante INDECOPI respecto al cumplimiento del código ASME Sección VII División1, con una presión de diseño de 250 PSI.

Así mismo en la parte superior de la ubicación de los tanques se contará con los equipos descritos en la Tabla N° 03.

Tabla N° 3; Equipos de zona de almacenamiento.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MARCA	MODEL O
01	Bomba para GLP – 10HP	01	Corken	521
02	Bomba para GLP – 10HP	01	Corken	FF150
03	Compresor recíprocante para GLP – 15HP	01	Corken	491
04	Detector autónomo para gases explosivos	02	Fidegas	C30

Fuente: Jebicorp S.A.C.

Elaboración: Tesista.

Estos equipos serán utilizados para trasegar GLP desde el tanque de almacenamiento a la zona de envasado (Bomba Corken, modelo FF150) y para el despacho desde los tanques de almacenamiento hacia los camiones cisterna a granel (Bomba Corken, modelo 521) además se utilizará el compresor recíprocante (Compresor Corken, modelo 491) para trasegar el GLP del camión cisterna a los tanques de almacenamiento.

Para efecto de poder recolectar lo remanentes y vaciar los cilindros que no pasen el control de calidad, se utilizará el tanque pulmón de 500 galones de capacidad de almacenamiento, el cual estará conectado a la red de GLP y al Compresor de Trasiego, para poder extraer el GLP de los cilindros defectuosos.

En la zona de almacenamiento se realizará los siguientes procesos:

- Trasiego de GLP desde cisterna – tanques de almacenamiento.
- Trasiego de GLP desde tanque de 500 galones – tanques de almacenamiento.
- Transferencia de GLP desde tanques de almacenamiento hacia zona de envasado.
- Detección de fugas.

4.1.2.1. Plataforma de envasado.

Esta zona cuenta con un área de 358.66 m² (19.75 m x 18.16 m), está ubicada aproximadamente 1.00 metro del piso, asimismo el perímetro frontal de la plataforma estará protegida con bloques de madera para evitar chispa en la carga y descarga de cilindros. En la plataforma de envasado se realizara los siguientes procesos:

- Recepción de cilindros vacíos.

- Llenado de cilindros. - Control de calidad (inspección de fugas).
- Comprobación de peso.
- Sellado de cilindros.
- Cilindros separados para mantenimiento fuera de planta (tercerizado).
- Zona de Almacenamiento temporal de cilindros llenos y vacíos (10,600 Kg/GLP, entre llenos y vacíos entre las presentaciones de 10 kg, 15 kg, 45 Kg).
- Zona de trasiego de cilindros.

4.1.2.2. Almacenamiento de agua.

La planta envasadora contará con una cisterna de almacenamiento de agua para el Sistema Contra Incendio (SCI) será construida de concreto armado y tendrá una capacidad de 451.88 m³ la cual se encuentra dentro del mismo terreno de la planta que se está proyectando.

Así mismo se instalará una motobomba contra incendio de 500 gpm/ 130 PSI acoplado con un motor Diésel, para los rociadores del cuarto de bombas y las mangas contra incendio respectivamente. (Los tanques de almacenamiento de GLP no necesitan enfriamiento de Agua, puesto que se encuentran soterrados).

El abastecimiento de agua para la cisterna contra incendio será a través de la red de agua pública, y si existiera alguna emergencia, se puede utilizar la conexión externa con la válvula siamesa, donde se puede conectar el camión cisterna de agua de los bomberos, para abastecer la red contra incendio del interior de la planta.

4.1.2.3. Cuarto de máquinas.

La Planta Envasadora, contara con un Generador Eléctrico de 120 Kva, el cual tendrá la capacidad de abastecer el requerimiento máximo de los motores eléctricos de la planta y de las oficinas en el caso de que existiera un corte de fluido eléctrico en la zona permitiendo así que la producción no se detenga.

El sistema contra incendio no necesita de este Generador Eléctrico, debido a que la planta envasadora contará con una motobomba, quien cuenta con su propio motor Diésel.

4.1.2.4. Oficinas.

Las oficinas se encontrarán en una edificación de concreto de 02 pisos, donde estará distribuida, la administración, servicios higiénicos para damas y caballeros, cuarto de máquinas y tableros, supervisor y vigilancia.

4.1.2.5. Área de maniobra vehicular.

En esta zona los camiones baranda que transportan cilindros de GLP realizan la operación de carga y descarga de cilindro, también las cisternas móviles y graneleros pueden realizar el trasiego de GLP.

Se tiene previsto que las unidades operativas que maniobrarán en la planta será: 03 camiones baranda de reparto de cilindros, 01 camión cisterna de abastecimiento de GLP y un camión granelero (venta Granel).

Mientras el camión cisterna y el camión granelero, se encuentren en el interior de la planta, cada una contara con su sistema contra incendio a base de extintores, en caso de una emergencia mayor, se podrá hacer uso de dos de las mangueras contra incendio para refrigerar a la unidad que se encuentre en “emergencia” en dos direcciones distintas.

En el caso de los camiones baranda, estas contarán con su sistema contra incendio (extintores) mientras se encuentre dentro de la planta, de requerirse será cubierta por una de las cuatro mangueras que se encuentran en la planta.

Para el caso de pernoctación de las unidades se estima que en la zona de estacionamiento pueden pernoctar hasta tres unidades de transporte de cilindros sin carga, un camión cisterna primario, un camión granelero, cada unidad contará con su propio sistema contra incendio a base de Extintores.

4.1.2.6. Otros.

Además la planta cuenta con las siguientes zonas:

- Caseta de vigilancia.
- Área de canje de cilindros.
- Área de limpieza de cilindros.
- Vestuarios con servicios higiénicos para obreros.

4.1.3. Procesos de operación de la planta.

4.1.3.1. Recepción y despacho del producto.

El abastecimiento de GLP a los tanques de almacenamiento de la planta se realizará mediante unidades de transporte primarias (camiones cisternas).

Estas unidades contarán con un área para el estacionamiento, el cual tendrá un punto de recepción que llevará el producto hacia los tanques. Las cantidades recibidas a los tanques de almacenamiento serán medidas por diferencia de volumen de la unidad de transporte y tanques estacionarios al ingreso y a la salida.

La conexión de la tubería de carga de los tanques de almacenamiento a las unidades de transporte primarias se realizará empleando mangueras tanto para la línea de líquidos (2" de diámetro) como para la línea de vapores (1 ¼" de diámetro).

Las condiciones operativas de recepción de GLP a los tanques de almacenamiento son: 110 psi @ 23°C a un régimen máximo de 95 GPM y se realizará empleando la compresora marca Corken 491 para GLP.

El despacho de GLP desde el tanque de almacenamiento hacia las unidades de transporte a granel (granelero), contará con un área para el estacionamiento y un punto para el despacho del producto, la operación se realizará con el uso de una bomba de GLP marca corken modelo 521; El caudal de entrega de la bomba de despacho a las graneleras será 80 GPM @ 70 – 95 psi.³¹

El sistema de recepción y despacho contará con válvulas “pull away” y válvulas de cierre rápido – ESV (Shut off) con accionamiento neumático y térmico a distancia, lo cual posibilita cortar el flujo en caso de emergencia. La planta tendrá flexibilidad para realizar operaciones de recepción hasta de 01 camión cisterna primaria y la operación de despacho a través de 01 unidad de transporte a granel al mismo tiempo.

4.1.3.2. Almacenamiento del producto.

Los tanques de almacenamiento se llenarán hasta un máximo del 85% de su capacidad a condiciones de operación de 90 psi@ 23°C.³² Cada tanque contará con 01 ensamble de múltiples válvulas de alivio, de brida de 4”, con 4x3 válvulas de seguridad de 2 1/2”, que descargan GLP a la atmósfera en caso de emergencias cuando la presión interna del tanque sea igual o mayor a 250 psi.

³¹ Corken, compresores y bombas para aplicaciones estacionarias de Gas LP y NH₃, EEUU-2004 obtenida en www.corken.com

³² Corken, compresores y bombas para aplicaciones estacionarias de Gas LP y NH₃, EEUU-2004 obtenida en www.corken.com

4.1.3.3. Transferencia del producto.

La transferencia del producto se realizará a través de los equipos instalados sobre la losa de concreto que cubre a los tanques soterrados. Se utilizarán las bombas para transferir GLP en su estado líquido, mediante una tubería de 2" de diámetro hacia la zona de envasado y toma de carga para despacho a granel. Asimismo se utilizará la compresora recíproca para la transferencia de GLP en su estado vapor mediante una tubería de 1 ¼" de diámetro. La transferencia será controlada mediante las diversas válvulas instaladas.

4.1.3.4. Envasado del producto.

En la planta envasadora de GLP se realizará el llenado de cilindros de 10, 15, y 45 kg y se detalla a continuación:

Recepción de cilindros.

Las camionetas o camiones con baranda ingresarán a la zona de maniobra vehicular y se ubicarán en la zona de recepción de cilindros vacíos de la plataforma, donde se efectuará la descarga de los mismos.

Selección de cilindros vacíos.

En la plataforma (Zona de cilindros vacíos) se realiza la selección de los cilindros. Los cilindros antes de ser llenados son sometidos a una inspección visual, de presentar fallas en su estructura, bases u orejas son separados para luego ser llevados al taller de reparación por un tercero; también cuando la válvula necesita reparación son llevados a un taller de mantenimiento externo.

Concluida la reparación son devueltos a la planta, en dicha zona se clasificarán los cilindros para canje, los cuales son apilados en un área dentro de la plataforma para dicho objetivo a la espera de las coordinaciones para su respectivo canje.

Pintado de cilindros.

Los cilindros ya seleccionados y después de ser llenados y revisados, serán pintados. Los cilindros que tienen en buen estado la pintura, serán retocados para darles un mejor acabado.

El Pintado será con el sistema Airless (sin aire) en una cabina acondicionada especialmente (cortina de agua que recirculará, filtros y extractor) para evitar que el viento se lleve el polvo de pintura y afecte a las demás zonas del proceso de envasado, y también para reducir la contaminación ambiental por las partículas de la pintura.

Así mismo, en esta zona y dado que la pintura está considerada como un producto volátil (pentanos) todos los dispositivos eléctricos (motor, pistola, etc.) tendrán la inscripción de ser "a prueba de explosión".

El Sistema Airless (Sin Aire) es un Sistema de atomización sin aire en la pistola, en que a alta presión generado por un bombeo se hace fluir la pintura por orificios diminutos (décimas de mm) para que "por extrusión" se abra en un abanico uniforme utilizable para pintar. Patente USA de 1950. Presiones de trabajo habituales a partir de 150 bar y hasta 500 bar.

Llenado de cilindros.

Los cilindros vacíos, después de quedar aptos y ser revisados, ingresan al múltiple de llenado, donde se impulsa el GLP líquido a través de las bombas de envasado desde los tanques de almacenamiento, en ésta zona se contará con lo siguiente:

- 08 balanzas estacionarias/semiautomáticas con capacidad de 0–100 Kg. con aproximación de lectura de 50 gr. acondicionados especialmente para llenado los cilindros de 10 y 15 Kg.
- 02 balanzas mecánicas con capacidad de 0–250 Kg. con aproximación de lectura de 100 gr. acondicionados especialmente para llenado de cilindros de 45 Kg.
- 3 balanza de control de peso Digital antiexplosiva para cl. 1, zona 0, aproximación de lectura de 20 gr.
- Automáticos de llenado de GLP FISHER N201, con válvulas de control de cierre rápido.
- Mangueras de llenado de alta presión de ½" resistentes al GLP.

Sellado de cilindros.

Los cilindros que salen de la sección de llenado son sellados con un precinto en la válvula de seguridad, la operación se realiza en frío para ablandar el plástico y lograr una buena adherencia de sello.

Almacenamiento de cilindros llenos.

Luego del sellado y con el logo de la empresa, los cilindros de GLP, son enviados a la zona de almacenamiento de cilindros llenos, desde donde serán cargados a los camiones baranda.

Área de trasiego.

En ésta área se realizará el trasiego de cilindros de GLP provenientes de los rechazos de cilindros durante la detección de fugas por válvula, además de los cilindros devueltos desde los centros de venta.

Todos los cilindros a trasegar serán colocados en una mesa de trasiego donde, a través de una conexión flexible, serán vaciados a un múltiple de descarga, y de éste a un tanque de trasiego.

El tanque de trasiego tendrá una capacidad de 500 galones. En él se recibirá el GLP en fase líquida. El trasiego utilizará el principio la diferencia de presiones existente entre el cilindro y el tanque de trasiego.

Cuando estas presiones se igualan se extraerá el vapor de GLP mediante el compresor para reducir la presión en el tanque de trasiego y permitir nuevamente reiniciar las operaciones de vaciado de GLP de los cilindros. El compresor usado para esta operación es el mismo que se usarán para la recepción.

4.2. Análisis de riesgo para la determinación de los casos de emergencia.

4.2.1. Determinación de los probables escenarios de riesgo.

Esta sección tiene como importancia investigar y examinar situaciones de riesgo asociados con la instalación, actividad o proceso en la planta envasadora. Detectando los riesgos y estableciendo el origen, causa y consecuencia que nos permitirá posteriormente identificarlos. Para su identificación se analiza lo siguiente:

- Estudio exhaustivo de las instalaciones.
- Análisis de las propiedades de las sustancias peligrosas presentes.
- Análisis histórico de accidentes en instalaciones similares y/o para las mismas sustancias peligrosas.
- Análisis de las posibles fuentes externas de riesgo que podrían afectar a las instalaciones.

4.2.1.1. Estudio exhaustivo de las instalaciones.

Punto donde se analiza las condiciones de operación y diseño de los equipos, en los que se ven involucrados productos con características de peligrosidad. Para ello, se ha revisado los planos y documentos de diseño de la planta envasadora, contemplándose los siguientes aspectos:

- Estudio de los procesos, operaciones, operaciones básicas y reacciones químicas que pudieran en una situación fuera de control, originar un accidente grave, para lo cual se ha tenido en consideración la ingeniería de procesos y sistemas de seguridad.

- Procedimientos de operación en distintas fases de la actividad (operación normal, arranque/parada, operaciones excepcionales, emergencias, etc.), así como procedimientos de seguridad.
- Diseño e ingeniería de los equipos y sistemas que procesan o almacenan las sustancias peligrosas presentes (materiales, cimentaciones, estanqueidad, equipos a presión y temperatura, etc.).
- Servicios auxiliares esenciales en la prevención y la mitigación de consecuencias de accidentes.

De lo anterior expuesto se encontraron los riesgos por:

- **Falla de componentes:** Las instalaciones de recepción, almacenamiento, despacho de GLP a granel, envasado de cilindros, los sistemas de servicios, control y seguridad cuentan con componentes que podrían presentar fallas, los cuales podrían dar origen a emergencias. En la Tabla N° 04 se detalla el origen de riesgo por falta de componentes.

Tabla N° 4; Riesgo por falla de componentes.

Origen de riesgo	Causa	Consecuencias
Falla por rotura de tubería de transferencia de producto.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento. - Picadura por corrosión 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de GLP (con gas o líquido). - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir un incendio - Pérdida de producto.
Falla en los acoples de válvulas, filtros, manómetros, etc.	Falta de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de GLP (con gas o líquido). - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir un incendio - Pérdida de producto.
Falla en los sellos de las bombas y/o compresores de GLP.	Falta de inspección y/o mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de GLP (con gas o líquido). - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir un incendio - Pérdida de producto.
Falla en las válvulas, medidores y accesorios de tanques de almacenamiento.	Falla por falta de mantenimiento y/o inspección.	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrellenado en los tanques de GLP. - Sobrepresión en el tanque. Venteo de gas al ambiente. - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir una llamarada.
Falla de báscula de llenado de cilindros.	Falta de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrellenado o déficit en el despacho de GLP. - Pérdida de producto.
Falla del equipo detector de fugas.	Falta de mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de GLP en el área de tanques, trasiego de unidades. - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir una llamarada.
Falla en cilindro	Corrosión del cilindro por superación de vida útil.	<ul style="list-style-type: none"> - Colapso del cilindro. - Daño a la instalación.

Fuente: Atix Gas S.AC.

Elaboración: Tesista

- **Desviaciones de las condiciones normales de operación:**

Pueden ocurrir deficiencias que originen alteración de las condiciones normales de operación y que conlleven a la ocurrencia de riesgos. En la Tabla N° 05, se detallan tales desviaciones.

Tabla N° 5; Riesgo por desviación normales de operación.

Origen de riesgo	Causa	Consecuencia
Venteo de la válvula de seguridad.	Sobrepresión en los tanques	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión de vapores de hidrocarburos al ambiente. - En caso de contacto con un punto de ignición podría producir una llamarada.
Corte de energía eléctrica	Corte de suministro de energía.	<ul style="list-style-type: none"> - Parada de equipos tales como: bombas de GLP, compresores, entre otros equipos. - El corte de energía eléctrica no resulta una situación grave debido a que se contara con un grupo electrógeno de emergencia.
Falla de sistema comprimido	Falla en el compresor de aire.	Inoperatividad de los instrumentos (balanzas de llenado, cabina de pintado, emblemado, cierre de válvulas internas, etc.

Fuente: Atix Gas S.AC.

Elaboración: Tesista

- **Riesgos por errores humanos:** El personal operativo y administrativo puede cometer errores ya sea por negligencia o desconocimiento de los diversos procedimientos de trabajos que generan riesgos a la planta. En la Tabla N° 06, se muestra los riesgos por errores humanos.

Tabla N° 6; Riesgos por errores humanos.

Origen de riesgo	Causa	Consecuencias
Accidente de camión cisterna en el interior de la planta.	<ul style="list-style-type: none"> - Mala maniobra de conductor. - Vía de tránsito en el interior de la planta obstruida. - Congestionamiento de unidades en el interior de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de accidentes vehiculares. - Daños a instalaciones con consecuencias serias en caso el choque sea en contra de alguna tubería de GLP o cilindros llenos que generarían fugas de GLP.
Trabajos de operación y/o mantenimiento incorrectos.	Desconocimiento o negligencia del operador respecto a procedimientos operativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos de generar fuentes de ignición que originen incendios. - Accidentes laborales.
Ingreso de vehículos en mal estado al interior de la planta.	Falta o incorrecta inspección de los vehículos que ingresan a la planta.	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión de gases de combustión. - Generación de fuentes de ignición.
Mal apilamiento de cilindros en la plataforma de envasado.	<ul style="list-style-type: none"> - Desconocimiento o negligencia del operador respecto a procedimientos relacionados al almacenamiento de cilindros llenos. - Excesiva producción de envasado de cilindros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Caída de cilindros llenos con posible producción de chispas o roturas de válvulas ocasionando fugas sin control. - Reducción de espacio para evaluación en caso de emergencia. - Accidentes laborales.
Deficiencia en el equipamiento de lucha contra incendio.	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de recarga y/o insuficientes números de extintores en áreas requeridas. - Falta de capacidad de almacenamiento de agua del sistema contra incendio (SCI). - Falta de ensayos del equipamiento del SCI. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demora en la atención para extinción de un incendio menor. - Efecto domino en caso de incendio.

Fuente: Atix Gas S.AC.

Elaboración: Tesista

4.2.1.2. Análisis histórico de accidentes en instalaciones similares y/o para las mismas sustancias peligrosas.

El aprovechamiento de la experiencia histórica de accidentes ocurridos en plantas químicas similares³³, o en instalaciones que tratan con las mismas sustancias, permite extraer algunas conclusiones que pueden ser fundamentales para el desarrollo o mejora de una política de seguridad. Este análisis comprende la descripción de situaciones de riesgo que han ocurrido en el pasado, sobre los accidentes producidos en sistemas y equipos semejantes, así como para la sustancia involucrada en las instalaciones analizadas, el GLP. A continuación se presenta una relación de los accidentes más significativos ocurridos con la sustancia presente en esta instalación, el GLP³⁴.

- Escape de GLP durante operación de carga debido a la rotura de la línea de llenado, causando una nube inflamable que explota. Otros dos tanques próximos se vieron afectados, perdiéndose totalmente (Alemania 1970).
- Fuga de butano y propano a través del sello de una bomba en refinería durante la operación (Holanda 1979).
- Explosión y fuego causado en una refinería por escape de butano, durante la operación normal en un separador de propano/butano (Holanda 1981).

³³ International Association of Oil & Gas Producers, OGP Risk Assessment Data Directory, March 2010

³⁴ Felipe Gonzales Cruz, Estudio de Riesgos EESS José Espinar S.R.L, Cusco-2016

- Fuga de butano a través de una válvula de aguja defectuosa durante la operación normal en una refinería (Holanda 1977).

4.2.1.3. Análisis de las posibles fuentes externas de riesgo que podrían afectar a las instalaciones.

El análisis del entorno inmediato de las instalaciones del proyecto permite identificar las principales causas externas que pueden desencadenar un accidente grave en las instalaciones objeto de análisis. En este sentido, se podrían considerar como posibles fuentes de riesgo, que podrían ser origen de un accidente grave en las instalaciones, las siguientes:

- Accidentes en el transporte de mercancías en las carreteras colindantes.
- Fuentes de riesgo naturales (meteorología, lluvias con una alta escorrentía, sismicidad, etc.).
- Impacto de elementos externos (aviones, proyectiles, juegos pirotécnicos en la celebración de fiestas costumbristas, etc.). A aproximadamente 18 km de la futura planta, se encuentra la pista de aterrizaje del aeropuerto Rodríguez Bailón.
- Seguridad de la instalación (atentados y sabotajes)³⁵.

De los cuales después del análisis se obtuvo:

³⁵ Osinergmin. Gas Licuado de Petróleo. Perú. 2010. www.osinergmin.gob.pe
Obtenido en: <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1433.htm>

Tabla N° 7; Riesgos obtenidos por agentes externos.

Origen de riesgo	Causa	Consecuencia
Sismos	Puede ser de origen volcánico o de origen tectónico (movimiento de corteza terrestres)	Las consecuencias de un sismo serían menores debido que la planta tendrá un diseño sismo resistente.
Inundación por excesivas lluvias.	Fenómeno del Niño	Según lo que informa la autoridad competente, este fenómeno podría afectar Trujillo.
Deslizamiento o derrumbes.	Sismos	No se esperan consecuencias de este evento en esta instalación debido que para la construcción de la planta se ha realizado un estudio de suelo del terreno, con lo cual se ha determinado los parámetros de seguridad para la construcción de las estructuras de los equipos.
Sabotaje, robo o atentado de la propiedad por terceros.	Disconformidad de terceros con el funcionamiento de la planta.	Dependerá del daño causado en la planta. Para evitar daños a la planta por atentado por terceros, se deberá contar con acuerdos de apoyo por parte de la policía, así como sensibilizar a la población aledaña a no hacer fuego en los alrededores ni hacer uso de fuegos artificiales. Asimismo, corresponderá al personal de seguridad, estar en contacto con la población, para las fechas de celebración de fiestas patronales, así como fiestas de navidad y fin de año.
Emergencia de fábrica de zapatos.	Incendio en el interior de la fábrica, este incendio puede ser por fallas eléctricas, acumulación de materiales inflamables, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - La pares perimétricas de la planta cuenta con una altura de 4.5 metros y 6 metros en la zona de envasado, esta pared es de ladrillo, la cual permitirá que de haber un incendio en la fábrica de zapatos contigua, esta no se propague hasta la planta envasadora. - Deberá ser indicado en el Plan de Contingencias, las medidas de prevención, y/o mitigación para este evento.

Fuente: Atix Gas S.AC.

Elaboración: Tesista

4.2.2. Identificación de peligros.

En base a lo indicado anteriormente, se ha realizado una identificación de los posibles puntos de fallo en las instalaciones que comprenderán la Planta Envasadora de GLP. Los escenarios identificados son el resultado del análisis sistemático de todos los posibles accidentes para las instalaciones objeto de estudio, que se extiende para todos aquellos que se consideran creíbles. A continuación se muestran los puntos de fallo identificados:

Tabla N° 8; Relación de los escenarios de riesgos identificados.

Escenario	Riesgo Identificado
Esc.01	Rotura parcial o total de la tubería aérea de GLP.
Esc.02	Rotura parcial o total de tubería enterrada de GLP.
Esc.03	Fuga de GLP en bombas durante despacho de producto (falla de sello).
Esc.04	Fuga de GLP en compresores durante recepción de producto (falla de sello).
Esc.05	Fuga instantánea o continua de GLP en tanque de almacenamiento presurizado.
Esc.06	Fuga instantánea o continua de GLP en camión cisterna de almacenamiento presurizado.
Esc.07	Rotura total o parcial de mangueras de carga y descarga (flexibles).
Esc.08	Fuga instantánea en camiones cisterna (despacho a granel).

Fuente: Análisis histórico de riesgos.

Elaboración: Tesista

4.2.3. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia.

El cálculo de probabilidad de ocurrencia, se realiza de la siguiente manera:

4.2.3.1. Frecuencia de incidentes.

En esta parte se determina la frecuencia de incidentes de cada uno de los eventos seleccionados en la Tabla N° 09, Para tal caso se considera:

- Considerar todo tipo de fallas, incluyendo fugas mayores, menores y roturas.
- Identificar causas de fallas primarias que pudieran resultar en una de mayores consecuencias.

Para los escenarios en los que se produce una falta correspondiente a fugas a través de líneas de tanques, de bombas o compresores, operaciones en las que participan camiones cisternas, se han empleado los datos básicos de fallo recogidos en el Manual de Referencia BEVI versión 3.2 (Reference Manual Bevi Risk Assessments). En ese sentido, los modos de fallo para la determinación de los eventos iniciadores así como la frecuencia de fallo (veces/tiempo) se indican a continuación:

Tabla N° 9; Modos de Falla y frecuencia de falla.

ÍTEM	EQUIPO	SUCESO INDICADOR	FRECUENCIA DE FALLO (VECES/AÑO)	
A	Tuberías - aéreas ³⁶	1.- Rotura total de la tubería.	DN <75 mm	1.00E-06
			75 mm < DN < 150 mm	3.00E-07
			DN > 150 mm	1.00E-07
B	Tuberías - bajo tierra ³⁷	1.- Rotura total de la tubería	5.00E-07	
C	Bombas Centrifugas ³⁸	1.- Fallo catastrófico o rotura total.	1.00E-05	
		2.- Fuga a través de un agujero de diámetro igual al 10% DN	5.00E-05	
D	Compresores Reciprocantes ³⁹	1.- Fallo catastrófico o rotura total.	1.00E-04	
		2.- Fuga a través de un agujero de diámetro igual al 10% DN	4.40E-03	
E	Tanque de almacenamiento presurizado ⁴⁰	1.- Fuga instantánea de todo el inventario	5.00E-07	
		2.- Fuga continua de todo el inventario en 10 minutos con un caudal constante.	5.00E-07	
		3.- Fuga continua a través de un agujero de diámetro de 10 mm	1.00E-05	
F	Camión cisterna/ almacenamiento presurizado ⁴¹	1.- Fuga instantánea de todo el inventario	5.00E-07	
		2.- Fuga de todo el inventario a través de la mayor conexión	5.00E-07	
G	Mangueras de carga /descarga (Flexible) ⁴²	1.- Rotura total.	4.00E-06	
		2.- Rotura parcial, la fuga se produce a través de un agujero de diámetro igual al 10% del DN (hasta un máximo de 50 mm)	4.00E-05	
H	Camión Cisterna (despacho a granel) ⁴³	Fuga instantánea de todo el inventario, BLEVE	5.80E-10	

Fuente: Manual de referencia del Bevi.

Elaboración: Tesista

³⁶ Tabla 27 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/m-año.

³⁷ Tabla 28 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/m-año.

³⁸ Tabla 35 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/año.

³⁹ Tabla 36 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/año.

⁴⁰ Tabla 15 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/año.

⁴¹ Tabla 43 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/año.

⁴² Tabla 50 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/hora.

⁴³ Tabla 51 del Manual de Referencia del Bevi, las unidades son: veces/hora.

4.2.3.2. Frecuencia de ocurrencia.

El análisis de árbol de eventos tiene por objeto determinar la frecuencia de ocurrencia de las consecuencias que se pueden derivar de una secuencia de eventos desencadenados por un evento iniciante (efecto dominó). Un evento iniciante es por ejemplo la fuga de un producto por rotura de la manguera del camión cisterna o fisura/rotura en una tubería de transferencia de GLP, las consecuencias de dicho evento podrían ser un derrame, incendio, dispersión de vapor GLP, Explosión de nube de vapor no confinado y hasta un BLEVE de un recipiente que recibe el calor como consecuencia de un incendio⁴⁴. A partir de los valores de frecuencia de ocurrencia mostrados en la Frecuencia de Incidentes, se procederá a calcular la frecuencia de ocurrencia (empleando la Técnica del Árbol de Eventos) para cada uno de los incidentes seleccionados conforme a las características de la futura planta envasadora y a las condiciones de operación de la misma.

A. Falla en tuberías aéreas (líquido o vapor).

Para este cálculo es necesario conocer la longitud y el diámetro de la tubería de transferencia de producto. Se considera que la fuga proviene de fallas en las conexiones o válvulas.

La longitud estimada de tubería de GLP líquido es de aproximadamente 40 m, con un diámetro 2" (50.8 mm). Para la línea de vapor se tiene una la longitud de 40m, con un diámetro de 1 ¼" (31.75 mm).

⁴⁴ Felipe Gonzales Cruz, Estudio de Riesgos EESS José Espinar S.R.L, Cusco-2016

Para efectos del cálculo, vamos a tomar como referencia la tubería de 2", con un caudal de 95 gpm, por lo que para el caso de Ignición inmediata representa a 3.032 Kg/S (<10 Kg/s).

Gráfico N° 2; Árbol de eventos para una fuga de GLP en líneas aéreas de transferencia de producto.

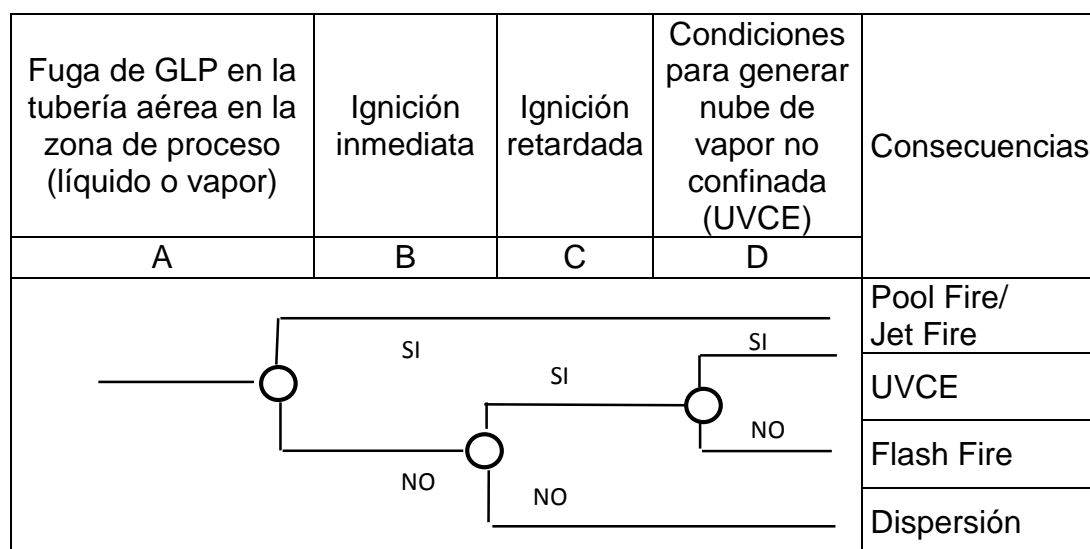


Tabla N° 10; Valores A, B, C, D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia por rotura de tuberías.

ITEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	$50^{45} \times 1.00E06 = 5.00E-05$	Tabla 12 de este documento (Rotura total)
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del manual BEVI versión 3.2
C (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del manual BEVI versión 3.2
D (Condición para UVCE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

⁴⁵ Se considera una tubería de diámetro de 2" y una longitud de 50m

Tabla N° 11; Valores de frecuencia de ocurrencia por la rotura total de la tubería.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Pool Fire	A.B	1.00E-05
Jet Fire	A.B	1.00E-05
UVCE	A.(1-B).C.D	1.92E-05
Flash Fire	A.(1-B).C.(1-D)	1.28E-05
Dispersión	A.(1-B).(1-C)	8.00E-06

B. Falla en la tubería enterrada (líquido).

En el proyecto de la planta envasadora, contempla dos diámetros de tubería que van a ser enterradas, de 2" y de 3", para efectos del cálculo vamos a utilizar el de mayor diámetro, que es de 3", que va hacia la zona de envasado.

La línea que va hacia el sistema de envasado (líquido) tiene una longitud de 30 m, con un diámetro de 3" (76.20 mm), un caudal de 55 gpm, por lo que para el caso de Ignición inmediata representa a 1.88 Kg/S (<10 Kg/s).

Con la información antes descrita y los datos mostrados en el ítem 1) de la Tabla N° 09 (modos de falla y frecuencia de falla) se obtienen la frecuencia de falla de una fuga de GLP por fisura y rotura en una tubería enterrada.

Gráfico N° 3; Árbol de eventos para una fuga de GLP en líneas enterradas.

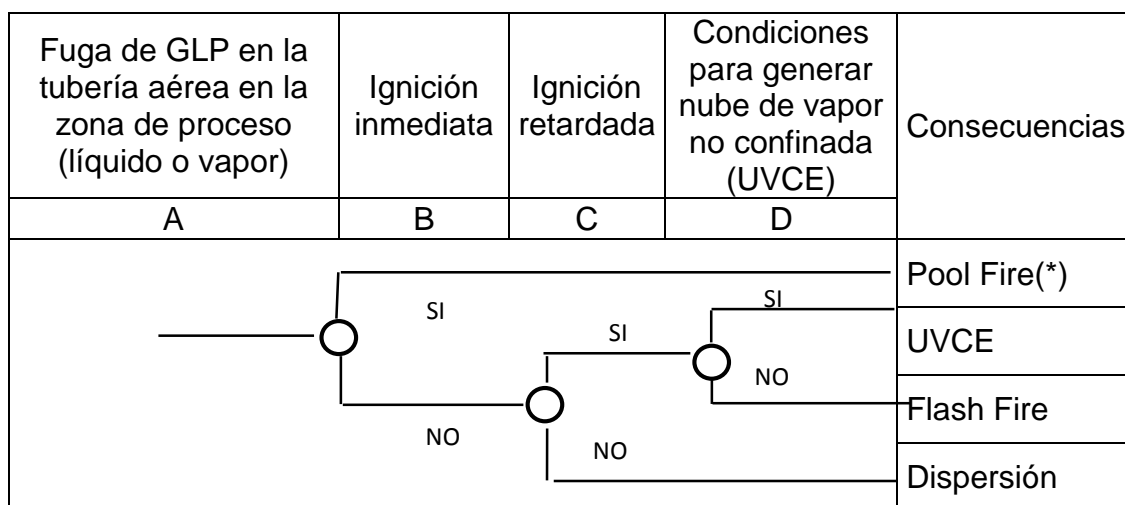


Tabla N° 12; Valores A, B, C, y D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia por rotura de tuberías.

ITEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	5.00E-7 x50=2.5E-5	Tabla 12 de este documento (Rotura total)
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del Manual BEVI versión 3.2
C (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del Manual BEVI versión 3.2
D (Condición para UVCE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

Tabla N° 13; Valores de frecuencia de ocurrencia por la rotura total de la tubería.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Pool Fire	A.B	5.00E-06
UVCE	A.(1-B).C.D	9.6E-06
Flash Fire	A.(1-B).C.(1-D)	6.4E-06
Dispersion	A.(1-B).(1-C)	4.00E-06

C. Falla en la bomba y compresor para GLP.

Se describe el siguiente árbol de eventos para estos escenarios:

Gráfico N° 4; Árbol de eventos para una fuga de GLP en los sellos de la bomba y compresora.

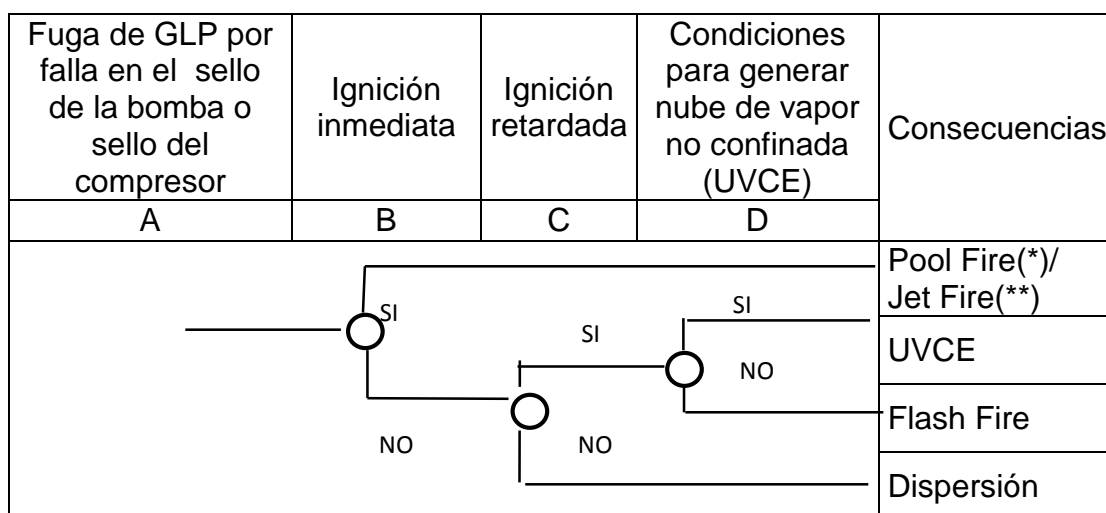


Tabla N° 14; Valores de A, B, C y D para el cálculo de la frecuencia de ocurrencia de los escenarios de la bomba y compresora.

ÍTEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	5.0E-05	Tabla 12 de este documento (Para la bomba)
A (Frecuencia de fallos)	4.4E-03	tabla 12 de este documento (Para el compresor)
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del Manual BEVI versión 3.2.
C (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del Manual BEVI versión 3.2.
D (Condición para UCVE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

Tabla N° 15; Valores de frecuencia de ocurrencia por los escenarios para la bomba de GLP.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Pool Fire	A.B	1.00E-05
Uvce	A.(1-B).C.D	1.92E-05
Flash Fire	A.(1-B).C.(1-D)	1.28E-05
Dispersión	A.(1-B).(1-C)	8.0E-06

D. Calculo de frecuencia de ocurrencia de fuga de GLP en el tanque de almacenamiento.

En este caso solo se ha de considera una fuga de GLP de tamaño de 10 mm de diámetro en el tanque de almacenamiento. Se considera que la fuga puede provenir de fallas de conexión con las tuberías.

Gráfico N° 5; Árbol de eventos para una fuga de GLP en el tanque de almacenamiento.

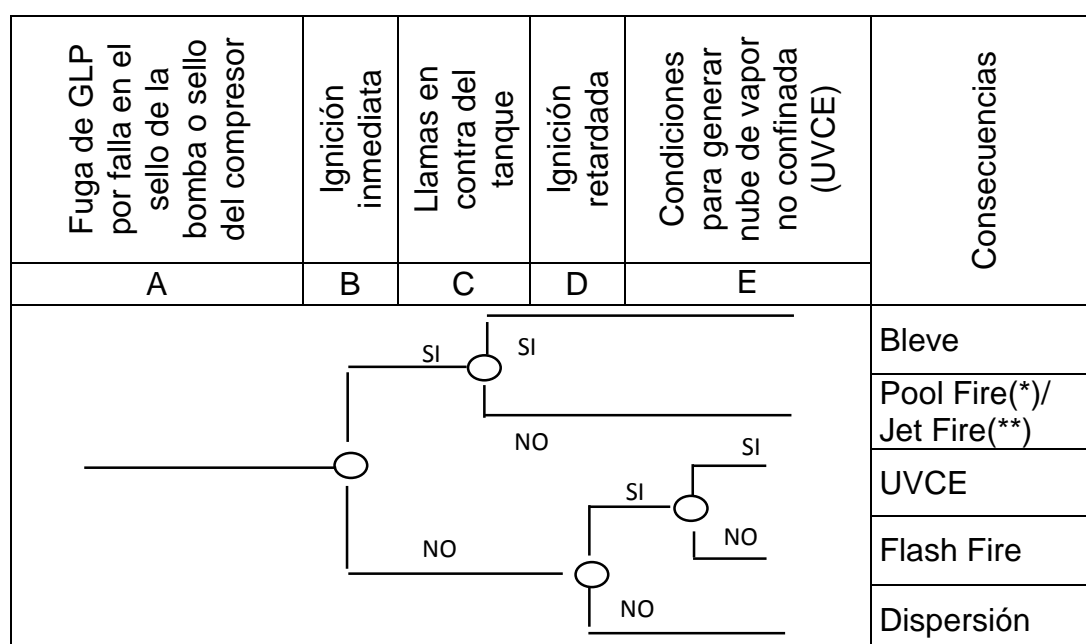


Tabla N° 16; Valores A, B, C y D para cálculo de frecuencia de ocurrencia en el tanque de almacenamiento.

ITEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	1.00E-05	Tabla 12 de este documento
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del Manual BEVI versión 3.2.
C (Lamas en contra del tanque)	0.01 ⁴⁶	Valor asumido
D (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del Manual BEVI versión 3.2.
E (Condición para UCVE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

Tabla N° 17; Valores de frecuencia de ocurrencia en el tanque de almacenamiento.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Bleve	A.B.C	2.00E-08
Pool Fire	A.B.(1-C)	1.98E-06
Uvce	A.(1-B).D.E	3.84E-06
Flash Fire	A.(1-B).D.(1-E)	2.56E-06
Dispersión	A.(1-B).(1-D)	1.6E-06

⁴⁶ Los tanques instalados son de forma soterrada, por lo cual que poco probable ser afectados por las llamas, para el cálculo vamos a asumir el valor de 1%.

E. Cálculo de frecuencia de ocurrencia de fuga de GLP en el tanque móvil.

El tamaño del tanque móvil será de 14 000 galones, el cual será el encargado de cargar los tanques de almacenamiento y así tener el producto para poder realizar los trabajos de envasado en el interior de la planta.

Gráfico N° 6; Árbol de eventos para fuga de GLP en el tanque móvil.

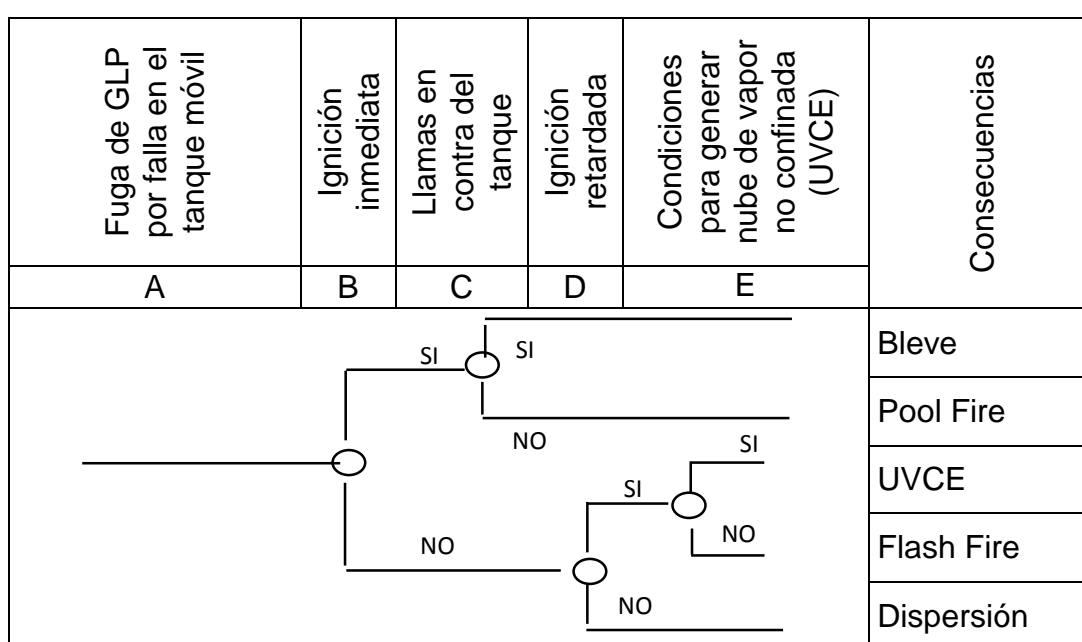


Tabla N° 18; Valores A, B, C y D para el cálculo de frecuencia de ocurrencia en el tanque móvil.

ÍTEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	5.0E-07	Tabla 12 de este documento.
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del Manual BEVI versión 3.2.
C (Lamas en contra del tanque)	5.8E-10	Tabla 51 de Manual BEVI versión 3.2
D (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del Manual BEVI versión 3.2.
E (Condición para UCVE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

Tabla N° 19; Valores de frecuencia para los escenarios en el tanque móvil.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Bleve	$A.B.C$	$5.8E-17$
Pool Fire	$A.B.(1-C)$	$9.99E-08$
Uvce	$A.(1-B).D.E$	$1.92E-07$
Flash Fire	$A.(1-B).D.(1-E)$	$1.28E-07$
Dispersión	$A.(1-B).(1-D)$	$8.0E-08$

F. Calculo de frecuencia de ocurrencia por rotura en la manguera de carga o descarga.

Gráfico N° 7; Árbol de eventos por fuga en la manguera de carga y descarga.

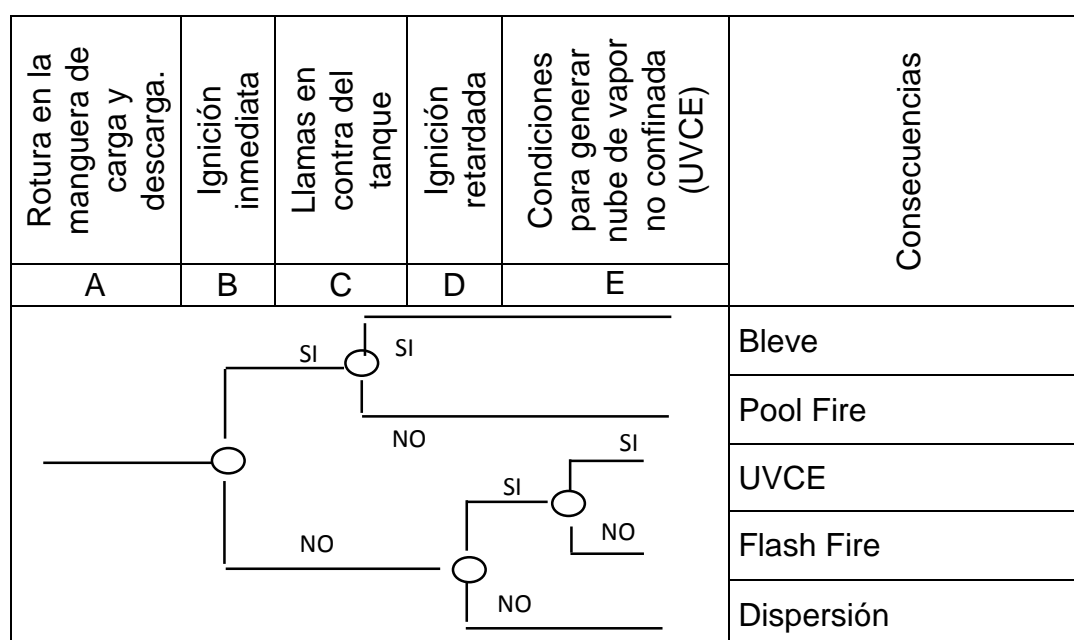


Tabla N° 20; Valores A, B, C y D para el cálculo de la frecuencia de ocurrencia por rotura de la manguera de carga y descarga.

ITEM	VALOR	FRECUENCIA
A (Frecuencia de fallos)	5.84E-03 ⁴⁷	Tabla 12 (Rotura total)
B (Ignición Inmediata)	0.2	Tabla 7 del Manual BEVI versión 3.2.
C (Llamas en contra del tanque)	5.0808E-06 ⁴⁸	Tabla N° 51 del Manual BEVI versión 3.2
D (Ignición Retardada)	0.8	Tabla 11 del Manual BEVI versión 3.2.
E (Condición para UCVE)	0.6	Ítem 4.8 del Purple Book

Tabla N° 21; Valores de frecuencia de ocurrencia para los escenarios por rotura de la manguera de carga y descarga.

Consecuencia	Cálculo	Valor de la frecuencia de ocurrencia
Bleve	A.B.C	5.934E-09
Pool Fire	A.B.(1-C)	1.167E-03
Uvce	A.(1-B).D.E	2.242E-03
Flash Fire	A.(1-B).D.(1-E)	1.495E-03
Dispersión	A.(1-B).(1-D)	1.868E-03

⁴⁷ Para efectos de cálculo se ha considerado el tiempo estimado de operación de 4 horas/día.

⁴⁸ 5.8E-10 por hora, Según el manual de referencia BEVI versión 3.2, este valor de frecuencia es utilizado en unidades de carga móviles en el interior de la planta en estado de carga y descarga la cual pueden ocasionar bleve. Para efectos de cálculo, se tomará en cuenta que el tanque móvil estaría mayor tiempo en el interior de planta, considerando 8760h/año.

4.2.3.3. Descripción de escenarios de riesgo probables.

Como resumen a este ítem, en la Tabla N° 23 se muestra los escenarios de riesgos cuya frecuencia de ocurrencia es superior a 1.0E-05 año-1.

Tabla N° 22; Descripción de los escenarios de riesgo con mayor frecuencia de ocurrencia.

Escenario	Descripción General del Riesgo	Caso	Tipo de Riesgo	Frecuencia de Ocurrencia. (Veces/año)
Esc. N°1	Pérdida de contención de GLP por rotura total de tubería que transporta GLP Nota: Tubería aérea	1	Pool Fire	1.00E-5
		2	Dispersión	8.00E-6
		3	Flash Fire	1.28E-5
		4	UVCE	1.92E-5
		5	Jet Fire	1.00E-5
Esc. N° 2	Pérdida de contención de GLP por rotura total de tubería que transporta GLP Nota: Tubería enterrada	6	Pool Fire	1.00E-7
		7	UVCE	1.92E-7
		8	Flash Fire	1.28E-7
		9	Dispersión	8.00E-8
Esc. N° 3	Pérdida de contención de GLP, en Bomba durante el despacho de producto.	10	Pool Fire	1.0E-5
		11	Flash Fire	1.28E-5
		12	UVCE	1.92E-5
		13	Dispersión	8.00E-6
Esc. N° 4	Pérdida de contención de GLP, en compresora durante el despacho de producto	14	Flash Fire	1.13E-3
		15	UVCE	1.68E-3
		16	Dispersión	7.04E-4
		17	Pool Fire	8.8E-4
Esc. N° 5	Pérdida de Contención en el tanque de almacenamiento de GLP.	18	Bleve	2.00E-8
		19	Pool Fire	1.98E-6
		20	UVCE	3.84E-6
		21	Flash Fire	2.56E-6
		22	Dispersión	1.6E-6

Esc. N° 6 y Esc. N° 8	Pérdida de contención de GL en tanque móvil de GLP (Despacho a Granel)	23	Pool Fire	9.99E-08
		24	UVCE	1.92E-07
		25	Flash Fire	1.28E-07
		26	Dispersión	8.0E-08
		27	Bleve	5.8E-17
Esc. N° 7	Pérdida de contención de GLP, por rotura de manguera de carga y descarga.	28	Bleve	5.934E-09
		29	UVCE	2.242E-03
		30	Flash Fire	1.495E-03
		31	Dispersión	1.868E-03
		32	Pool Fire	1.167E-03

Fuente: Investigación

Elaborado Por: Tesista

4.2.3.4. Descripción de eventos de riesgos probables.

Posteriormente al análisis para la determinación escenarios de riesgo, se describe los eventos probables que se pueden ocurrir en la planta envasadora de GLP Trujillo.

A. Incendio de charco (Pool Fire).

Como consecuencia de un derrame o escape de líquidos inflamables se forma un charco de líquido cuya extensión dependerá de la geometría y naturaleza del suelo. Los vapores inflamables en contacto con una fuente de calor generan un incendio en la superficie del charco del producto. Al incendiarse se producen llamas cuya magnitud depende principalmente del diámetro del charco y del calor de combustión del producto. Este tipo de evento pueden clasificarse en dos tipos: incendio confinados e incendio no confinado.

B. Dardo de fuego (Jet Fire).

En las tuberías de gas a presión, la aparición de una pequeña fisura en las paredes trae como consecuencia la descarga del gas contenido formando un chorro de gas a presión. Si durante la descarga este chorro entra en contacto con una fuente de ignición, el resultado será la formación de un incendio en forma de chorro o como normalmente se le llama, dardo de fuego o “Jet fire”.

C. Dispersión de nube de gas.

Cuando se produce una liberación de un gas o vapor a la atmósfera, sea por emisión intencional de gas, por fuga de gas como consecuencia de evaporación de un charco líquido, dicho gas o vapor se dispersa (diluye) en la atmósfera y se extiende en ella arrastrado por el viento y las condiciones meteorológicas.

Las características de la nube dependen de la naturaleza (propiedades termodinámicas) del gas y de la continuidad o discontinuidad de la emisión.

Una de las características principales que condiciona la evolución de un gas o vapor en la atmósfera es su densidad, distinguiéndose tres posibilidades:

- Gases ligeros: densidad inferior a la del aire.
- Gases pasivos o neutros: densidad similar a la del aire.

Gases pesados: densidad mayor que la del aire.

D. Lllamarada (flash fire).

Ocorre por la ignición retardada de una nube de gas inflamable en ausencia de confinamiento significativo, la cual resulta de velocidades de combustión bajas y mínimos de efectos de sobrepresión.

Para que ocurra la ignición de la nube de gas se requiere que la concentración del gas se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad.

E. Explosion de nube de vapor no confinado (unconfined Vapour cloud explosión – UVCE).

Se puede definir como deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de 1 bar en la zona de ignición.

Este tipo de explosiones se originan debido a un escape rápido de gran cantidad de gas o vapor inflamable que se dispersa en el aire o por evaporación rápida de un líquido inflamable para formar una nube de características inflamables mezcladas con el aire.

Cuando el gas inflamable se encuentra una fuente de ignición (normalmente superficies calientes, chispas, motores eléctricos, etc.), una parte de esta masa de gas (la que se encuentra entre los límites de inflamabilidad) de la sustancia de que se trate, deflagra por efecto de la fuente de ignición y se produce la explosión.

F. Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición (Boiling Liquid Expanding Vapour explosión – BLEVE).

Cuando se almacena un líquido a presión elevada (normalmente a su presión de vapor a la temperatura de almacenamiento), la temperatura de almacenamiento suele ser notablemente mayor que su temperatura de ebullición normal.

Cuando se produce la ruptura del recipiente, el líquido de su interior entra en ebullición rápidamente debido a que la temperatura exterior es muy superior a la temperatura de ebullición del fluido, el cambio masivo a fase vapor, provoca la explosión del depósito porque se supera la resistencia mecánica del mismo, se genera una onda de presión acompañada de proyectiles del propio depósito y piezas menores unidas a él que alcanzan distancias considerables; Además si el fluido es un líquido inflamable, se produce la ignición de la nube formando lo que se denomina bola de fuego (FIREBALL) que se irá expandiendo a medida que va ardiendo la masa de vapor.

La característica principal de una BLEVE es precisamente la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente; Normalmente, la causa más frecuente de este tipo de explosiones es debida a un incendio externo que envuelve al depósito en cuestión, debilita mecánicamente el contenido, lo que produce una fisura o ruptura del mismo, con la despresurización, ondas de presión y el BLEVE del conjunto.

Para que ocurra una BLEVE se requiere de una fuga de GLP, una fuente de ignición, una fuente de energía (como resultado de lo anterior) durante el tiempo suficiente para vaporizar el líquido contenido en el tanque y elevar su presión y la falla de la válvula de seguridad.

Ello hace que los eventos de BLEVE sean muy raros o poco probables en instalaciones industriales.

Sus efectos intrínsecos son:

- Radiación térmica, muy intensa y de corte, originada en una llama voluminosa.
- Evolución da la forma de hongo por ascensión de gases muy calientes y más ligeros que el aire.
- Sobrepresión no significativa.

4.2.4. Consecuencias de los riesgos identificados.

Todo el análisis realizado anteriormente permitirá determinar los tipos de consecuencias que se podrían efectuar tanto en el interior como en el exterior de la planta. Estas consecuencias pueden causar muchos daños, pero para esta investigación, se los agrupó en consecuencias hacia la persona, la propiedad y al ambiente. Cabe resaltar que estas consecuencias están basadas en parámetros meteorológicos y será de mucha importancia en el momento que suceda un evento en la planta.

4.2.5. Matriz de riesgos.

La matriz de riesgos es una herramienta utilizada para diversas actividades donde la necesidad de identificar y gestionar riesgos es la principal finalidad de esta herramienta.

Una matriz de riesgo es una tabla que tiene varias categorías de "probabilidad" o "frecuencia" para sus filas (o columnas) y varias categorías de "gravedad", "impacto", o "consecuencias" de sus columnas (o filas, respectivamente). Se asocia a un nivel recomendado de riesgo, urgencia, prioridad o acción de manejo con cada par de columnas de la fila, es decir, a cada célula⁴⁹. La figura N° 2 representa la matriz de riesgos considerada para la evaluación del presente Estudio de Riesgos.

Figura N° 2; Matriz de riesgos.

Valor de la Probabilidad o Frecuencia.	$> 10^{-1}$						P5	Valor de la Probabilidad o Frecuencia.
	$10^{-1};$ 10^{-3}						P4	
	$10^{-3};$ 10^{-5}						P3	
	$10^{-5};$ 10^{-7}						P2	
	10^{-7}						P1	
		C1	C2	C3	C4	C5		
Valor de la consecuencia o Severidad								

Fuente: Society for análisis
Elaboración: Tesista.

⁴⁹ Louis Antony Cox, Associates and university of colorado. Society for Análisis – 2008.

Para el presente estudio, se siguió el procedimiento de estimar los niveles de riesgo a nivel cuantitativo y luego trasladarlos a niveles cualitativos en función de umbrales de tolerancia pre-establecidos en tres categorías representada por diferentes colores (de menor a mayor): verde, amarillo y rojo.

Estos niveles de controles, califican al riesgo como tolerable e intolerable, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla N° 23; Niveles de control de Riesgos.

Riesgo	Categorías del Riesgo	Descripción del Nivel de Control Necesario.
Bajo	Tolerable (T)	No se requieren controles adicionales. Se recomienda seguimiento para verificar el cumplimiento de los controles existentes. No obstante, si se visualizan medidas obvias que contribuyan a reducir aún más el riesgo, las mismas deberían ser adoptadas.
Medio		Se debe mejorar y/o implementar controles adicionales a los existentes en periodos definidos de tiempo. Se recomienda evaluar las opciones de combinación de controles de ingeniería y/o administrativos que permitan reducir la probabilidad de ocurrencia y/o minimizar las consecuencias. Se debe reducir o mantener el riesgo a un nivel que permita cumplir con las normas de seguridad de la empresa y la legislación aplicable.
Alto	Intolerable (I)	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el nivel de riesgo a un nivel aceptable. Se deben implementar controles adicionales a los existentes de forma inmediata para reducir el nivel de riesgo a un nivel aceptable y que permita cumplir con las normas de seguridad de la empresa y la legislación aplicable, debe prohibirse en trabajo.

Fuente: Society for análisis

Elaboración: Tesista.

4.2.5.1. Clasificación de la probabilidad o frecuencia.

Para cada uno de los eventos identificados por el riesgo representativo y en función del análisis histórico realizado se designa una probabilidad o frecuencia de ocurrencia para cada clase de ocurrencia.

Tabla N° 24; Probabilidad o frecuencia de ocurrencia.

Clase de probabilidad o frecuencia.	Valor	Frecuencia de ocurrencia (año^{-1})	Definición
Muy probable	P5	$F < 10^{-1}$	Puede ocurrir varias veces al año en la industria. Se espera que ocurra en el corto plazo
Frecuente	P4	$10^{-1} \leq F < 10^{-3}$	Puede ocurrir alguna vez al año en la industria. El evento probablemente ocurrirá.
Posible pero no muy frecuente	P3	$10^{-3} \leq F < 10^{-5}$	Ocurrió varias veces en la historia de la industria. Una vez en la vida útil de la instalación El evento ha ocurrido alguna vez.
Raro	P2	$10^{-5} \leq F < 10^{-7}$	El evento ocurrió alguna vez en la industria. El evento podría ocurrir alguna vez.
Sumamente raro	P1	$F < 10^{-7}$	Improbable – Nunca escuchado en la industria. No hay registros conocidos del evento. El evento podría ocurrir solamente en circunstancias especiales.

Fuente: Manual de referencia del Bevi.

Elaboración: Tesista.

4.2.5.2. Clasificación de la consecuencia o severidad.

La severidad de los accidentes identificados se estima teniendo en cuenta la intensidad de los daños que producirían los accidentes en las personas, los bienes y el medio ambiente.

Se consideran cinco índices de severidad que cubren toda la tipología de resultados en los análisis de efectos y consecuencias realizados en los Estudios de Riesgos; desde bajas consecuencias, limitadas al entorno del accidente, hasta daños importantes a todos los elementos vulnerables de un amplio entorno y que implicarían incluso la movilización de medios nacionales o internacionales en caso de producirse el mismo.

Tabla N° 25; Consecuencia o Severidad.

Clase	Consecuencias.		
	Efectos sobre las personas.	Efectos sobre el medio ambiente	Efectos sobre la propiedad.
C1	Sin daños o daños leves, sin parada de los trabajos.	No es necesaria actuación, solo vigilancia.	Sin daños o daños insignificantes a los equipos o instalaciones.
C2	Daños que provocan hospitalizaciones con duración mayor a 24 horas.	Serios efectos en el medio ambiente, que requieren medios locales de intervención.	Daños leves a los equipamientos o instalaciones.
C3	Daños irreversibles o muertes dentro de la planta. Daño reversible fuera.	Efectos en el medio ambiente fuera de la planta, que requieren medios nacionales de intervención.	Daños severos a equipamientos o instalaciones.
C4	Daños irreversibles o muertes fuera de la planta.	Efectos irreversibles en el medio ambiente fuera de la planta, que requieren medios nacionales de intervención.	Daños irreparables a equipamientos o instalaciones (reparación lenta o imposible).
C5	Mayores de 10 muertes en el exterior de la planta.	Impacto en la reputación a nivel nacional o internacional.	Daño total de la instalación.

Fuente: Atix Gas S.A.C.
Elaboración: Tesista.

En esta tabla se tienen en cuenta todas las consecuencias que un mismo accidente puede tener.

Combinando las categorías de frecuencias (Tabla N° 24) con las de consecuencias (Tabla N° 25), se obtiene una evaluación cualitativa.

Tabla N° 26; Clasificación de las consecuencias para cada escenario.

Escenario	Descripción del Riesgo	Caso	Tipo de Riesgo	Efecto sobre las personas	Efectos sobre la propiedad	Efectos sobre el medio ambiente	Consecuencias
Esc.01	Pérdida de contención de GLP por rotura total de tubería que transporta GLP. Nota: Tubería aérea líquido.	1	Pool Fire	C3	C3	C2	C3
		2	Jet Fire	C4	C3	C2	C4
		3	Flash Fire	C2	C3	C2	C3
		4	UVCE	C4	C4	C3	C4
Esc.03	Pérdida de contención de GLP, en bomba durante el despacho de producto.	9	Pool Fire	C2	C2	C1	C2
		10	Flash Fire	C1	C1	C1	C1
		11	UVCE	C4	C3	C2	C4
Esc.04	Pérdida de contención de GLP, en compresora durante el despacho de producto.	12	Flash Fire	C1	C1	C1	C1
		13	UVCE	C4	C3	C2	C4
		14	Dispersión	C1	C1	C1	C1
		15	Pool Fire	C3	C3	C2	C3
Esc.07	Pérdida de contención de GLP por rotura total en la manguera de Ø2" durante despacho a camiones cisterna (primario o graneleras)	16	Pool Fire	C3	C3	C2	C3
		17	UVCE	C4	C4	C3	C4
		18	Flash Fire	C2	C3	C2	C3
		19	Dispersión	C2	C3	C2	C3

Elaborado por: Tesista

Tabla N° 27; Matriz de riesgos.

Escenario	Descripción del Riesgo	Caso	Tipo de Riesgo	Frecuencia de Ocurrencia.	Probabilidad	Consecuencia	Riesgo
Esc.01	Pérdida de contención de GLP por rotura total de tubería que transporta GLP. Nota: Tubería aérea líquido.	1	Pool Fire	1.00E-5	P2	C3	MEDIO
		2	Jet Fire	1.00E-5	P2	C4	MEDIO
		3	Flash Fire	1.28E-5	P2	C3	MEDIO
		4	UVCE	1.92E-5	P2	C4	MEDIO
Esc.03	Pérdida de contención de GLP, en bomba durante el despacho de producto.	9	Pool Fire	1.0E-5	P2	C2	BAJO
		10	Flash Fire	1.28E-5	P2	C1	BAJO
		11	UVCE	1.92E-5	P2	C4	MEDIO
Esc.04	Pérdida de contención de GLP, en compresora durante el despacho de producto.	12	Flash Fire	1.13E-3	P3	C1	BAJO
		13	UVCE	1.68E-3	P3	C4	ALTO
		14	Dispersión	7.04E-4	P3	C1	BAJO
		15	Pool Fire	8.8E-4	P3	C3	MEDIO
Esc.07	Pérdida de contención de GLP por rotura total en la manguera de Ø2" durante despacho a camiones cisterna (primario o graneleras)	16	Pool Fire	1.167E-3	P3	C3	MEDIO
		17	UVCE	2.242E-3	P3	C4	ALTO
		18	Flash Fire	1.495E-3	P3	C3	MEDIO
		19	Dispersión	1.167E-3	P3	C3	MEDIO

En la tabla N° 27 se muestra los 4 escenarios con más índice de probabilidad de frecuencia de suceso, siendo los escenarios N°4 y N°7 los que contienen los riesgos más altos UVCE y siendo el escenario N° 3 el que contiene los riesgos más bajos.

Después de realizar la matriz de riesgos, se procederá a proponer un programa de prevención y control de incendios con la misión de mitigar y prevenir los escenarios identificados en la matriz. A base de actividades, charlas e indicaciones de reacción ante escenarios de riesgos, también se propondrán equipos de seguridad que ayuden a prevenir a que sucedan los riesgos más altos identificados en la matriz.

4.3. Desarrollo del programa de prevención de riesgos y control de incendios.

4.3.1. Prevención de riesgos.

Se describen las actividades destinadas a proteger las instalaciones de acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, el programa consiste en minimizar el riesgo de que se pueda producir incendios y/o explosiones en el interior de la planta, así como para mantener al personal adecuadamente capacitado y asegurar la operatividad de la planta.

4.3.1.1. Sistemas para prevenir la desviación de condiciones de funcionamiento óptimas / permisibles.

En el interior de la planta se contará con mecanismos que nos aseguren que los sistemas operativos se mantendrán constantemente en condiciones óptimas, y que en caso de que ocurra una desviación existirá un mecanismo para regularlo de tal manera que regrese a la condición inicial o si esto no es posible, deberá generarse una señal de alerta indicando esta desviación.

A. Sistemas de alivio de presión.

Los dispositivos de alivio de presión son elementos utilizados en cualquier recipiente que contenga gases o líquidos a presiones mayores a la atmosférica que evitan que el recipiente sufra roturas ante elevaciones excesivas de presión.⁵⁰

- **Válvulas de seguridad:** Es una válvula de relevo de presión que es accionada por la presión estática que entra en la válvula, y cuyo accionamiento se caracteriza por una rápida apertura audible o disparo súbito.⁵¹ Son diseñadas para desfogar fluidos gaseosos.
- **Válvula de alivio:** Es un dispositivo automático de relevo de presión, el cual abre en forma gradual en proporción al incremento de presión. Una válvula de alivio se utiliza en el manejo de líquidos, exclusivamente.⁵² Está diseñada para ser utilizada por fluidos líquidos.

⁵⁰ Pulido Montoya José Luis Prevención y control de incendios en la producción y el almacenamiento de Gas licuado de petróleo – GLP. Lima (2005). (Tesis de pregrado), Universidad Nacional de Ingeniería.

⁵¹ NOM – 093-SCFI-1994, Diario oficial de la federación, México, 08 de diciembre de 1997.

⁵² NOM – 093-SCFI-1994, Diario oficial de la federación, México, 08 de diciembre de 1997.

Para la planta envasadora de Gas licuado de Petróleo se utilizaran las siguientes válvulas:

Tabla N° 28; Válvulas de seguridad - alivio instaladas en planta de GLP.

Ítem	Descripción	Modelo	Tipo de conexión	Observación.
1	Válvula de seguridad de múltiples ensambles.	A8574G	2 1/2"	Presión de inicio de descarga 250 PSIG
2	Válvula de seguridad	3129L	1/2"	Presión de inicio de descarga 400 PSIG
3	Válvula de alivio	HNVA	3/4"	Presión de inicio de descarga 130 PSIG

Fuente: Catálogo L-102SV- 2015

Elaboración: Tesista

B. Instrumentos medición de temperatura/ presión/ flujo.

Tomando en cuenta los riesgos analizados en el capítulo anterior se instalarán instrumentos que ayuden a la inspección, detección temprana y una respuesta inmediata ante algún suceso durante el envasado y almacenamiento de GLP.

En nuestro caso para el almacenamiento y transferencia del producto se contara con termómetros y manómetros, instalados en los tanques de almacenamiento, líneas de líquido y vapor, así como también en las descargas de los equipos como las bombas y compresor.

Se instalarán rociadores en el cuarto de bomba contra incendio, estos funcionan haciendo uso de sus sensores de radiación infrarroja y ultravioleta, lo cual proporciona la detección inmediata del fuego.

C. Sistema de prevención de sobrellenado.

Estos instrumentos serán instalados para realizar los controles en los tanques de almacenamiento y balones de envasado.

En el caso de los tanques de almacenamiento contarán con equipos que ayudarán a disminuir el riesgo que pueda producir algún incendio, así mismo se contara con una mesa de trasiego para balones.

D. Sistemas y equipos de cierre de emergencia.

Son aquellos sistemas o equipos que logran detener la transferencia de GLP en el interior de la planta, estos mecanismos pueden ser de acción manual o automáticos los cuales consisten en:

Equipos de cierre de emergencia.

- **Válvulas Pull Away;** Equipo diseñado para una protección contra jalones en operaciones de transferencia de GLP durante la carga y descarga de transporte y camiones de reparto.
- **Válvulas Shut off (apagar);** Diseñados para instalarse en líneas de transferencia de GLP, para un cierre rápido de flujo ante una fuga o desprendimiento accidental.
- **Válvulas internas;** Equipos que se pueden accionar manualmente o por medio de aire a presión, permiten la controlar la transferencia de GLP de carga y descarga en los tanques de almacenamiento.

- **Válvulas Check;** Una válvula check es un tipo de válvula que permite al fluido fluir en una dirección pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta (contra flujo).⁵³ Son instaladas en los tanques de almacenamiento como medida de protección de un retorno no deseado del producto.
- **Válvulas de exceso de flujo;** un dispositivo protector que ayuda a controlar la descarga de producto en caso de una ruptura completa de las tuberías o de una manguera.⁵⁴ Se pueden utilizar para extracción o regulación del glp en su estado vapor.

Sistemas de cierre de emergencia.

- **Sistema de corte eléctrico de emergencia;** Sistema que tiene como función prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, evitar daños en la máquina, en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona.

En el interior de la planta contara con la instalación de 3 paradas de emergencia, los cuales realizaran el corte del fluido eléctrico en general.

⁵³ TLV compañía especialista en vapor, obtenida en: <http://www.tlv.com/global/LA/>

⁵⁴ Catalogo rego L-102SV, impreso en Estados Unidos 2015

- **Sistema de corte neumático de emergencia;** Sistema cuya alimentación para su funcionamiento está basado en aire comprimido, se instalarán tres accionadores neumáticos en el interior de la planta.

4.3.1.2. Servicios.

Los diversos suministros de los servicios que están directamente relacionados con los equipos y sistemas de cierre de emergencia podría requerir una segunda fuente de alimentación como es el caso del fluido eléctrico para la alimentación del sistema neumático, red de agua publica para el abastecimiento a la cisterna de agua contra incendios. Es necesario establecer sistemas o equipos que aseguren la continuidad de estos servicios, para los cuales se contará con lo siguiente:

- Un grupo electrógeno de capacidad suficiente para atender las necesidades de suministro eléctrico en la planta, cabe resaltar que el sistema contra incendio cuenta con una motobomba por el cual es independiente al suministro eléctrico de la planta.
- EL tanque de almacenamiento de agua contra incendios cubre la necesidad de la planta para un tiempo no menor de 4 horas para el caso más desfavorable.

4.3.1.3. Prevención de los errores humanos y de organización.

Son aquellas medidas preventivas que se pueden adoptar ante los errores humanos que pueden presentarse provocando accidentes:

- Los tanques de almacenamiento contarán con válvulas internas, los cuales ayudaran durante la transferencia de GLP, en caso el operador realice un mal manejo de las válvulas, éstas están diseñadas para realizar el corte de flujo para evitar una posible fuga, además acepta como componentes sistemas neumáticos para cierre de emergencia automático.
- Se instalará un válvula By pass para cada bomba de envasado, el cual permitirá el retorno de GLP en caso no se pudiera trasegar por algún bloqueo o válvula cerrada.
- Se instalarán válvula de cierre de emergencia los cuales permitirán el cierre automático o manual en la tuberías de GLP, estas válvulas estarán instaladas en la zona de trasiego de camiones cisterna y manifold de envasado.
- Contará con la instalación de válvulas pull away, estas válvulas permiten el cierre automático entre las mangueras de conexión de trasiego, el cual se activa al desprender el camión de la zona de carga.
- La planta contará con la instalación de parada de emergencia de corte eléctrico así como también de corte neumático a distancia.
- En el contorno de la plataforma de envasado se instalaran maderas, de tal manera eviten la creación de chispas ate un contacto de los camiones de carga y la plataforma.
- Se realizara la clara señalización de los conmutadores, botones y los dispositivos de los cuadros de mando.

- Capacitaciones constantes a personal que labora en el interior de la planta.

4.3.1.4. Plan de mantenimiento e inspección.

Uno de los métodos para asegurar una respuesta eficiente ante las emergencias o riesgos que tengan como inicio la falla de un equipo, es el mantenimiento preventivo que se deben realizar periódicamente, así se prolongará la vida útil del equipo y se logrará reducir costos de mantenimientos correctivos.

Así mismo deben existir tareas de inspección y vigilancia considerando:

- Verificación de las partes de la planta relacionadas con la seguridad, mediante inspecciones visuales.
- Verificación de las condiciones de funcionamiento de los equipos relacionados con la seguridad.
- Un plan de mantenimiento documentado, donde se especifique los intervalos de los mantenimientos realizados.

Toda reparación puede ser fuente de accidentes, es por ello que se deben de realizar con los debidos procedimientos o aspectos que las normas o la planta solicita para esos trabajos.

4.3.1.5. Programa de capacitación del personal.

Si bien las medidas técnicas son esenciales para la seguridad de la planta, es necesario también las medidas de capacitación del personal, dado que los seres humanos pueden tener una influencia tanto negativa como positiva sobre la seguridad de la planta, conviene reducir la influencia negativa y fomentar la positiva. Ambas metas se pueden lograr mediante la elección y capacitación adecuadas del personal, que debe incluir información sobre:

- Principales características Físicas y Químicas del GLP.
- Comportamiento de GLP ante un siniestro.
- Prevención y control de incendios originado por GLP.
- Utilización de agua para emergencias de gas.
- Ubicación de extintores portátiles.
- Sistemas de alarma contra incendios.
- Suministro de primeros auxilios principalmente en casos de quemaduras y asfixia ocasionadas por GLP.
- Normas de seguridad en caso de fugas de gas, cambio de cilindro, manejo y finalidad de válvulas reguladoras de presión, válvulas de paso de los cilindros y de sus dispositivos de seguridad.
- Formas de reconocimiento de la posible ruptura del tanque y que el área sea encerrada.

4.3.1.6. Sistema de señalización.

En el interior de la planta se instalará letreros con la señalización correspondiente, indicando los riesgos, prohibiciones, rutas de evacuación.

A. Colores de las señales de seguridad.

Se indican las señales de seguridad con los colores y significados, los cuales se utilizarán en el interior de la planta. Se ha tomado en cuenta las diversas normas nacionales de señalización.

Tabla N° 29; Significado generales de los colores de seguridad.

Colores empleados en la señales de seguridad.	Significado y finalidad.
ROJO	Prohibición, material de prevención y de lucha contra incendios.
AZUL	Obligación.
AMARILLO	Riesgo de Peligro.
VERDE	Información de emergencia.

Fuente: NTP: 399.010-1

Elaboración: Tesista.

B. Formas geométricas y significado de señales de seguridad.

Se describen las formas geométricas, significado, colores de seguridad y contraste de las señales de seguridad y algunos ejemplos de uso para los colores citados, estos símbolos son tomados en cuenta para las diversas señales que se instalarán en el interior de la planta según corresponda.

Tabla N° 30; Forma geométrica y significado general.

Forma geométrica	Significado	Color de seguridad	Ejemplo de uso.
 Circulo con diagonal	Prohibición	Rojo	Prohibido fumar. Prohibido hacer fuego. Prohibido el paso de peatones.
 Circulo	Obligación	Azul	Use protección ocular. Use traje de seguridad. Use mascarilla
 Triángulo equilátero	Advertencia	Amarillo	Riesgo eléctrico. Peligro de muerte. Peligro ácido corrosivo.
 cuadrado  rectángulo	Condiciones de seguridad. Rutas de escape. Equipos de seguridad.	Verde	Dirección que debe seguirse. Punto de reunión. Teléfono de emergencia.
 cuadrado  rectángulo	Seguridad contra incendios	Rojo	Extintor de incendio. Hidrante. Manguera contra incendio.

Fuente: NTP: 399.010-1

Elaboración: Tesista.

C. Avisos de seguridad.

En el interior de la planta y en lugares visibles se instalarán letreros con instrucciones de manejo y seguridad respecto al GLP, Dichos letreros serán pintados de acuerdo a la norma NTP N° 399.015, con letras rojas y fondo blanco con las siguientes descripciones.

- Prohibido Fumar.
- Se prohíbe encender cualquier clase de fuego en el interior de la planta.
- Se prohíbe el paso de vehículos o personal no autorizado.
- Se prohíbe celulares.
- Se prohíbe el ingreso de vehículos con el tubo de escape roto.
- Velocidad máxima 20 km/h.
- Peligro gas inflamable.
- Apague el motor de su vehículo, el radio y otros equipos eléctricos.
- Calzar el vehículo con tacos para inmovilizarlo en la carga y descarga.
- Zona de estacionamiento.

4.3.2. Control de incendios

4.3.2.1. Equipos de control de incendios.

A. Sistemas contra incendio

Son aquellos sistemas que por medios de sensores y sonidos, permiten a los operadores determinar un mal funcionamiento que pueda ocasionar alguna fuga o incendio.

En el interior de la planta se contarán con los siguientes sistemas de alarma:

- Detectores de fugas de gases en la zona de almacenamiento y puntos transferencia de GLP (explosímetro).
- Sirena de alarma cerca de vigilancia.

- Manómetros y termómetros que permiten vigilar las presiones y temperaturas de las tuberías durante el trabajo.

B. Equipos contra incendio.

- **Extintores:** En el interior de la planta se instalará lo siguiente:
 - 02 extintores rodantes de polvo químico seco, con una capacidad e extinción certificad mínima de 320 BC.
 - 12 extintores portátiles de polvo químico seco, con una capacidad de extinción certificada mínima de 120BC.
- **Equipos de respiración autocontenida:** Se instalarán 2 equipos de respiración autocontenida (SCBA) con autonomía de 30 minutos de duración, además de sus respectivas 02 botellas de repuesto.
- **Explosímetro:** Como medida de seguridad se contará con 2 explosímetros portátiles.
- **Trajes aluminizados:** Serán 2 trajes aluminizados los cuales se contara en la planta como ayuda al control de incendios, los cuales serán utilizados por personal capacitado de la planta o cuerpo de bomberos.
- **Trajes de bomberos:** Se instalarán 3 trajes de bomberos completos, los cuales incluyen el uniforme, cascos, guantes, etc. Estas serán utilizadas por las brigadas de emergencia que existen en la planta.

4.3.2.2. Sistemas contra incendio.

Calculo Hidráulico

Análisis y clasificación de posibles escenarios de emergencia.

De los análisis del sistema de seguridad y operación de la planta realizada en el capítulo anterior se han determinado cuatro escenarios de emergencia.

- Incendio en la zona de almacenamiento (tanques soterrados).
- Incendio en la zona de trasiego de la cisterna primaria a los tanques de almacenamiento.
- Incendio en la zona de carga de los tanques estacionarios a la unidad granelera.
- Incendio en la plataforma de envasado y almacenamiento de cilindros llenos.

Determinación de requerimiento de flujo de agua para el máximo riesgo.

Como base de los escenarios de emergencia identificados en el punto “A” se determinará el flujo de agua para el máximo riesgo.

- Posible incendio en la zona e los tanques estacionarios.
En nuestro caso, este cálculo no se ha de realizar debido a que los tanques para el almacenamiento de GLP serán instalados de forma soterrada, para los cuales no necesitan enfriamiento.
- Posible incendio en la zona de trasiego (cisterna primaria).
Para este escenario no es necesario el enfriamiento de los tanques estacionarios por ser instalados de forma soterrada.

Sin embargo se contará con 4 gabinetes contra incendio con sus respectivas mangueras contra incendio de clase II.

El caudal mínimo para las mangueras contra incendio de clase II es de 100 gpm. Con una presión de 65 psi, en el gabinete contra incendio más alejado⁵⁵.

Adicionalmente el cuarto de bombas, por tratarse de una Motobomba (bomba CI. con motor Diésel) la NFPA indica que deberá contar con rociadores, por lo que según tabla de la NFPA 13 se requerirá un caudal de 10.2 lpm/m²:

Datos para el cálculo:

- Caudal requerido : 10.2 lpm/m²
- Área del cuarto de bombas : 5.65.00m x 4.70m = 26.55 m²
- Factor K del rociador : 5.6
- Presión del rociador : 15 psig.

Caudal requerido para proteger el área:

$$Q = 10.2 \text{ lpm/m}^2 \times 26.55 \text{ m}^2$$

$$Q = 270.81 \text{ lpm.}$$

$$Q = 71.54 \text{ gpm.}$$

Cálculo para el caudal por rociador.

$$Q = KP^{0.5} \Rightarrow Q = 5.6 (15)^{0.5} \Rightarrow Q = 21.68 \text{ gpm/rociador}$$

Cantidad de rociadores

$$\# \text{ De rociadores} = 71.54 / 21.68$$

$$\# \text{ De rociadores} = 3.3 \text{ und} = 4 \text{ und.}$$

⁵⁵ Languages Worldwide. National Fire Protection Association NFPA N° 14. "Norma para la instalación de sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras". Edición 2007.

En el cuarto de bombas de la planta se instalaron 4 rociadores con un factor $K = 5.6$, obteniendo un total de 86.72 gpm para proteger toda el área del cuarto de bombas contra incendio.

- Posible incendio en la zona de trasiego (cisterna granelera).
Si ocurriese un incendio en ésta zona se tendría que utilizar dos mangueras Contra Incendios y enfriar a la unidad que se verían afectada. Las dos mangueras restantes estarían de apoyo si se requiere intervenir.
- Posible incendio en la plataforma de envasado y almacenamiento de cilindros llenos.
Si ocurriese un incendio en ésta zona se tendría que utilizar dos mangueras Contra Incendios y enfriar a la ruma de cilindros que se verían afectados. Las dos mangueras restantes estarían de apoyo si se requiere intervenir.

En tal sentido el requerimiento del flujo de agua total será:

Tabla N° 31; Flujo de agua total requerida para el sistema contra incendio.

DESCRIPCIÓN	FLUJO DE AGUA (GPM)
Flujo de agua para el cuarto de bombas contra incendio	86.72
Flujo de agua para 4 gabinetes contra incendio	400.00
Total de flujo de agua requerido	486.72

Fuente: Investigación.

Elaboración: Tesista.

Determinación de requerimiento de gabinetes contra incendio.

Se debe disponer en la Planta Envasadora de redes de agua provista de boquillas (mangueras y/o hidratantes) para pulverizar y lanzar agua en lugares estratégicos.

En la planta envasadora contará por lo menos con 04 mangueras contra incendio con pitón chorro niebla y serán el tipo pedestal con 01 salida de 1.5" (rosca NST), con sus respectivas mangueras.

Por razones de máxima seguridad, estos Gabinetes C.I. estarán ubicados estratégicamente rodeando la planta, de tal forma que una emergencia en cualquier lugar es combatida con los cuatro gabinetes en cuatro direcciones distintas, tal como lo establece la Norma NFPA – 15.

En conclusión como se podrá observar todos los cálculos del sistema contra incendio para efectos de los Gabinetes Contra Incendio de agua se realizaron en base a 04 gabinetes, los cuales serán los que ataquen el punto focalizado del incendio donde lo hubiera.

Así mismo podemos señalar que el cuarto de bombas C.I. se encuentra de fácil acceso y libre de obstáculos de ser necesario, tanto para la operación y su mantenimiento, sin embargo se aclara que en caso de una contingencia y de ser requerido el sistema C.I., no es necesario que ningún operario tenga que ingresar a hacer funcionar el sistema, ya que este se encontrará totalmente automatizado.

Determinación de la capacidad de reserva de agua.

Para la determinación de la capacidad de agua se considerará el art.

N° 1 del D.S. 065-2008-EM, el describe lo siguiente:

- Para 4 horas de abastecimiento, cuando no se disponga de red pública, ni compañías del Cuerpo de Bomberos del Perú o fuente de alimentación continúa.
- Para 2 horas de abastecimiento, cuando no se disponga de red de agua pública pero si de Compañías del Cuerpo de Bomberos del Perú y fuentes de alimentación permanente.
- Para 1 hora de abastecimiento, si la red de agua pública asegurar una disponibilidad de 2 hidratantes de agua a no más de 100 m de la instalación con un régimen no menor de 2840 lpm. (750 gpm) cada uno.

Para el cálculo de la reserva de agua se tomará en cuenta la tabla N° 44, donde se obtiene la capacidad total del flujo de agua y el apoyo externo que se recibirán.

Considerando que la planta con una red de agua publica y que existe una estación de bomberos se considerará que la planta envasadora necesita 4 horas de abastecimiento de agua para el sistema contra incendio, siendo la capacidad total:

$$(\text{Flujo de agua total} \times \text{horas de agua}) / 264.2$$

Calculando:

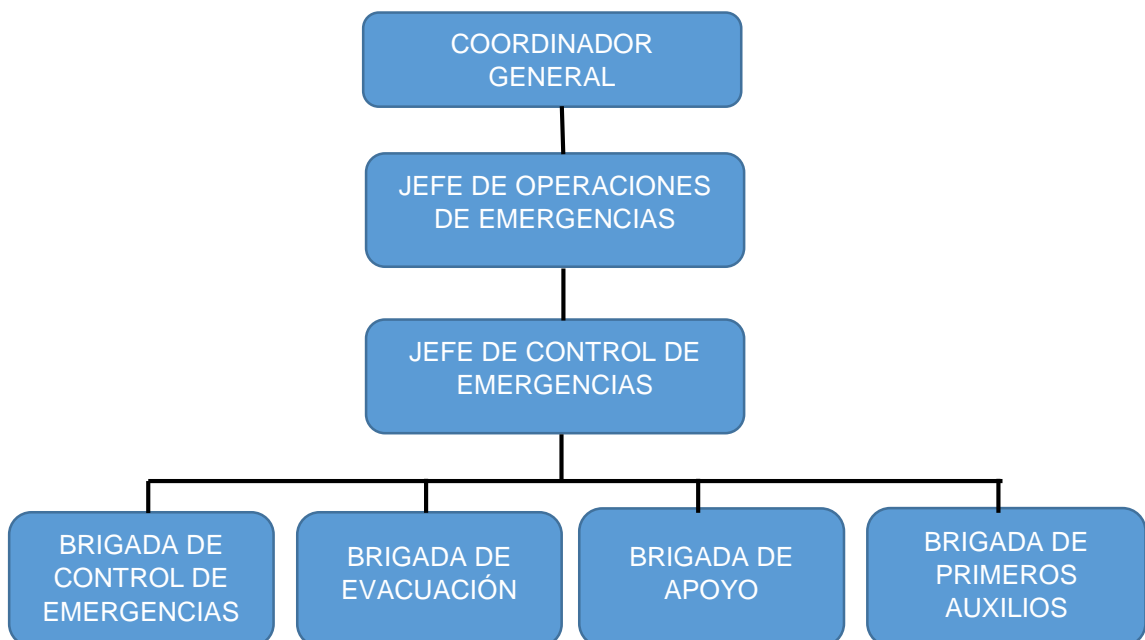
$$\frac{\left(486.72 \frac{\text{galones}}{\text{minutos}} \times 240 \text{ minutos}\right)}{264.2} = 442.13 \text{ m}^3$$

4.3.3. Medidas de mitigación.

4.3.3.1. Organización de Brigadas.

Dentro de la prevención de riesgos y como medidas de contingencia, se considera que el personal que se encuentra en las instalaciones del establecimiento al momento de iniciarse cualquier emergencia será el que asuma el puesto asignado con el Gráfico N° 9 que a continuación se detalla:

Gráfico N° 8; Brigada de emergencias.



A. Coordinador general.

- Como máxima autoridad debe ser comunicado inmediatamente de la emergencia.
- En caso de ausencia durante la emergencia, el puesto será cubierto por el Jefe de Operaciones de Emergencias.

- Evalúa la situación, planifica, dirige y coordina las acciones operativas y administrativas a seguir con el Jefe de Operaciones y Control de Emergencias.
- Actúa como enlace con el grupo que conforma el apoyo externo.
- Toda coordinación o acción realizada se debe ser reportada a los Jefes de Operaciones y Control de Emergencias.
- Solicitar al encargado de comunicaciones dar aviso a los bomberos indicando que se ha iniciado la emergencia.
- Cuando llegue el apoyo externo informar en qué consiste la emergencia e indicar las acciones realizadas hasta el momento.

B. Jefe de Operaciones de Emergencias.

- Evalúa la situación, planifica, dirige y coordina las acciones operativas y administrativas, hasta la llegada del Coordinador General.
- Tiene a su cargo el control de las actividades operativas de emergencia.
- Indica que tipo de alarma debe ser utilizada.
- Asegura la zona del incidente y/o accidente; permitiendo el ingreso de la Brigada y personal especializado.
- Supervisa la labor de las Brigadas de Control de emergencias, Evacuación y Primeros Auxilios.
- Coordina la atención y evacuación de la(s) víctima(s) al centro de emergencia hospitalaria más cercana.
- Coordina la evacuación y retorno de los trabajadores y público.
- Solicita apoyo de personal y equipo al Coordinador General.

- Finalizado el evento, ayuda en la evaluación de daños, salvamento y recuperación de equipos.

C. Jefe de Control de Emergencias.

- Corta el suministro de GLP.
- Tiene a su cargo el ataque directo de la emergencia.
- Decide el equipo de protección adecuado para el personal que participe en la zona de emergencia.
- Participa y dirige la labor de las Brigadas de Control de Emergencias, Evacuación y Primeros Auxilios.
- Según sea el tipo de emergencia que se presente, indica a la Brigada de Control de Emergencias que equipos y material debe movilizar y utilizar. Por ejemplo: extintores, manguera contra incendio, monitor, arena u otro material o equipo que fuera necesario para el control del mismo.
- Inspeccionará en forma periódica los equipos e implementos de seguridad: extintores, gabinetes de contra incendio.
- Inspeccionará que las vías de evacuación y áreas de seguridad estén libres y no se encuentren bloqueadas.
- Solicita apoyo de personal y equipo al Jefe de Operaciones de Emergencia.
- Finalizado el evento, ayuda en la evaluación de daños, salvamento y recuperación de equipos.

D. Brigada de Control de Emergencias.

- Son los encargados del uso de los extintores y manguera contra incendio.

- Vigila que los equipos sean de fácil localización y que no se encuentren obstruidos.
- Debe conocer la ubicación dentro de la planta.
- Controlan la emergencia según indicación del Jefe de Control de Emergencias con los extintores, gabinetes con contra incendio, arena u otro material o equipo que fuera necesario para el control del mismo.
- La designación de la brigada será la siguiente:
 - Extintores: Todo el personal en el interior de la planta podrá hacer uso de un extintor, como primera respuesta a la emergencia.
 - Mangueras contra incendio: El personal quien tenga la responsabilidad de brigadista será quien podrá hacer uso de las mangueras contra incendio. (Brigadista N° 1, Brigadista N° 2).

E. Brigada de Evacuación.

- Son responsables de conducir a las personas a las áreas de seguridad, verificará que ninguna se quede dentro de las instalaciones.
- Deberá de conocer las rutas de escape o salida y las rutas alternas en caso de bloqueo.
- Contará con un censo permanente y actualizado del personal que labora en las instalaciones.
- Serán los responsables de mantener libre las rutas de escape y el punto de reunión asignado por la empresa.

- Informará para su retiro de equipos u otros objetos cerca al borde del techo en las edificaciones.
- Realizará un censo de las personas evacuadas en el punto de reunión.
- Se debe contar con 2 brigadistas (Brigadista N° 3, Brigadista N° 4).

F. Brigada de Apoyo.

- Está encargada del apoyo técnico en caso de presentarse una emergencia.
- Reporta por escrito las acciones correctivas tomadas durante la emergencia.
- Realiza los cortes de suministro de energía necesario para contrarrestar y apoyar la emergencia de acuerdo a las necesidades y requerimientos.
- Con respecto al manteniendo deberá estar a cargo de:
 - Mantiene el suministro de agua en caso de presentarse una emergencia.
 - Inspecciona el buen funcionamiento del sistema contra incendios; ejemplo: válvulas, pitones.
- Con respecto al ingreso y salida de la planta durante la emergencia deberá estar a cargo de :
 - Está encargado de la seguridad perimétrica de las instalaciones, la zona de la emergencia o incidente producido.

- No permitirá el ingreso de personas extrañas a las instalaciones durante la emergencia.
- Brinda las facilidades para el ingreso del apoyo externo y evacuación de las personas.
- Para las comunicaciones estará a cargo de:
 - Está encargado de coordinar el apoyo externo a la solicitud del coordinador General.
 - Mantendrá informado al Coordinador General, Jefe de Operaciones y Control de Emergencias la llegada del apoyo externo.
 - Contará con un listado de teléfonos de emergencia: Central de Emergencias del Cuerpo de Bomberos, Central de Emergencia Policial, Es salud, etc.

G. Brigada de Primeros Auxilios.

- Está capacitado y entrenado para brindar la primera atención a la(s) persona(s) accidentada(s), hasta la llegada de personal especializado o médico del tópico de enfermería.
- Colabora con el especialista de emergencia en la atención médica de la(s) persona(s) accidentada(s); así como para la evacuación a un lugar seguro.
- Notifica al personal médico de los bomberos los procedimientos empleados con la(s) persona(s) accidentada(s).
- Indicar al Jefe de Operaciones de Emergencia si la persona debe ser evacuada. Antes debe ser evaluada por personal médico de los bomberos.

- Los procedimientos que deberá seguir son:
 - Inspeccionar que existe en los alrededores; se debe comprobar la seguridad del lugar.
 - De ser posible retirar a la víctima del lugar donde ha ocurrido la emergencia y trasladarla a un lugar seguro.
 - Hacer un reconocimiento general de la víctima.
 - Revisar el estado de conciencia de la víctima; si escucha y responde.
 - Revisar si la persona respira.
 - Preguntar: Nombre de la persona, que siente.
 - Controlar signos vitales; pulso, respiración.
 - Hacer una valoración de la víctima de cabeza a pies e identificar el accidente sufrido; quemadura, corte, fractura.

4.3.3.2. Sistema de comunicación de emergencia.

A. Alarmas y Evacuación.

La alarma es un factor importante donde el tiempo es determinante para controlar la emergencia.

- Primera alarma: Consiste en un sonido continuo de alarma, es activada por el servicio de vigilancia o el operador que este más cercano a ella y tiene como significado el anuncio el inicio de la emergencia.
- Acciones: Las acciones a seguir después de escuchar la alarma será:

- El coordinador general, el jefe de operaciones y control de emergencias se apersonaran al lugar, evalúan la situación, planifican las acciones operativas y administrativas a seguir.
- La brigada de control de emergencias tiene a su cargo el control directo de la emergencia.
- La brigada de primeros auxilios brinda la primera atención a las personas accidentadas.
- La brigada de evacuación conducirá al personal y público a las áreas de seguridad, verificara que ninguna persona se quede dentro de las instalaciones.
- La brigada de apoyo realiza los cortes de suministro de energía, mantiene el suministro de agua, brinda seguridad de las instalaciones y coordina el apoyo externo.
- El jefe de operaciones de emergencia ordena la supervisión de actividades y la evacuación de los lugares por alto riesgo.
- El personal que trabaja en el establecimiento (personal no asignado a la organización de emergencia), público y vehículos se trasladan ordenadamente hacia las áreas de seguridad.

B. Procedimiento para ejecución de plan.

- Notificación.
 - Toda emergencia debe ser notificada de la siguiente manera:
 - Nombre del informante.
 - Clase de combustible, GLP.
 - Hora aproximada de inicio de la emergencia.

- Lugar donde ocurrió la emergencia.
- Que aconteció al momento de empezar la emergencia.
- Causas probables por las que se produjo la emergencia.
- Volumen aproximado de GLP que ha fugado y/o inflamado.
- Descripción de las zonas afectadas o que pudieran ser involucradas.
- Que acciones se han tomado para el control de emergencia.
- Quienes están controlando la emergencia.
- Inspección.

El Coordinador General, se apersonará al lugar con el Jefe de Operaciones y Control de Emergencias, inspeccionarán el área de emergencia y estimarán la magnitud de la misma.

- Operaciones de respuesta.

El Coordinador General con el Jefes de Operaciones y Control de Emergencias, según la inspección realizada solicitarán la participación de las Brigadas de Control de Emergencias, Evacuación y Primeros Auxilios y solicitará apoyo externo

- Evaluación

Terminada la emergencia el coordinador general se reunirá con el jefe de operaciones de emergencia, jefe de control de emergencias y bomberos para realizar las siguientes evaluaciones.

- Evaluación del plan: Evaluar el desarrollo del plan y elaborar recomendaciones que permita un mejor desarrollo del mismo.

- Evaluación de daños: Teniendo como base la información dada por el personal que participa en el plan, se elaborará un registro de daños en el que se detallará lo siguiente:
 - Recursos utilizados.
 - Recursos no utilizados.
 - Recursos destruidos.

4.3.3.3. Acciones de Respuesta.

A. Para Incendios.

Las acciones a tomar son:

- Notificar a la brigada contra incendio.
- Comunicar al cuerpo de bomberos voluntarios del Perú.
- Evacuar la zona en un radio de 2000m.
- Cortar la fuente de GLP si es posible.
- Si el flujo de GLP no puede cortarse, no extinga el fuego. Dejar que el fuego se extinga solo. Para fuegos incontrolables y cuando la llama está chocando con el recipiente o equipos cercanos, retire a todo el personal y evacue la vecindad inmediatamente.
- Enfriar mediante chorros de agua la parte de los recipientes de presión o equipos cercanos que están siendo afectados por calor o una llama. Acérquese al recipiente envuelto en llama de lado, nunca por la cabeza. Tomar extremas precauciones en el menor tiempo posible cuando se aplica agua al recipiente expuesto al calor o a las llamas.
- Los incendios provocados por el GLP normalmente no podrán ser extinguidos hasta que la fuente del gas que se está quemando

haya sido cortada o pueda ser bloqueada. Entonces se utilizan los extintores.

- Cuando los incendios no han sido provocados por el GLP, proceder a su extinción con los extintores o chorros de agua.
- Sólo permita personal especializado en el área (con protección).

B. Para Fugas.

Las acciones a tomar son:

- Notificar a la Brigada de Contra Incendio.
- Comunicar al Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Perú.
- Entrar en acción la Brigada de Contra Incendio, para que traten de controlar la fuga (cerrar la válvula que esté alimentando).
- Apagar todo tipo de motor tanto de combustión interna como eléctricos, en general cualquier fuente de ignición. Al mismo tiempo notificar a vigilancia para que se active la alarma, que el personal encargado (de ser el caso de una fuga mayor), acordone el área no permitiendo la circulación en un área de 1000 m a la redonda.
- Deberán cortar la corriente eléctrica en toda el área.
- En caso de cortar completamente la corriente eléctrica, notificar al personal encargado, para que estén listos en caso de requerirse del grupo electrógeno.
- El personal de la Brigada de Contra Incendio designado deberá tomar posición en los gabinetes de manguera contra incendios.
- Rociar agua en forma de neblina (chorro - niebla) para dispersar los vapores de GLP presentes en la zona.

- En caso que el personal sufra de asfixia, irritación, se debe trasladar a la víctima a una zona donde pueda respirar aire fresco. Administrarle oxígeno si su respiración es dificultosa. Si la víctima está inconsciente llevarla a tóxico.
- En caso que el personal sufra quemaduras en frío brindarle los primeros auxilios.
- En casos graves trasladar a un centro asistencial.

C. Derrames.

Las acciones a tomar en el caso que ocurra un derrame serán (no es aplicable para GLP por naturaleza del producto):

- Derrames en tierra.
 - Identifique el sitio de escape e impedir el mayor derrame posible.
 - Rodear con tierra, arena o aserrín el derrame o cualquier otro elemento a su alcance que le permita evitar su desplazamiento a fuentes de agua superficiales, canales y/o drenajes.
 - Bloquear los drenajes y canales próximos al derrame evitando la contaminación de aguas.
 - Ya confinado el derrame tápelo con más tierra, arena o aserrín.
 - Utilice telas absorbentes como estopas y/o tela oleofílica.
 - Recoja el material (arena, aserrín, tierra) utilizado para contener el derrame y la capa del suelo contaminado con palas, picas, carretillas y demás herramientas menores.

Este material se recoge en bolsas plásticas, posteriormente se almacenará transitoriamente y se efectuará su ulterior gestión de deposición especializada.

- Derrame en cursos de agua.
 - Identifique y controle la fuente de escape e impida el mayor derrame de ser posible.
 - Tenga identificado el área susceptible.
 - Identifique la ruta del derrame por los canales o drenajes.
 - Coloque barreras y/o diques en los puntos de control identificados, estas barreras deben de ser absorbentes. Para la construcción de diques se puede emplear sacos rellenos con arena.
 - Controle riesgo de incendio. Se evitará que el flujo de combustible se mezcle con aguas superficiales, realizando desvíos y depresiones en el suelo.
 - Colocar polvo absorbente sobre el derrame.
- Acciones después del derrame.
 - Mantener la calma y cerciorarse que se haya controlado ó confinado convenientemente el derrame.
 - Acordonar o restringir el acceso de personas no autorizadas a las zonas donde se ha producido y confinado el derrame.
 - Evaluar los daños ocasionados al entorno, tierra, cursos de agua y vecindad.
 - Remover con palas el material contaminado y colocarlo en tambores o contenedores.

- Disponer el residuo contaminado en un acopio transitorio.
- La disposición final de materiales contaminados o impregnados de combustibles deberá ser realizada a través de empresas autorizadas para dicho fin, para lo cual serán contratadas para el propietario u operador del establecimiento.
- Reponer con material limpio el área afectada.
- De ser el caso se tomarán muestras de la fuente receptora del agua tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de vertimiento. Se analizarán parámetros tales como Hidrocarburos totales, aceites, grasas, fenoles, entre otros y en función a los resultados obtenidos tomar las acciones de remediación que correspondan.
- Informar a otras autoridades locales o centrales según corresponda.

D. Sismos.

- Antes del Sismo.
 - La calidad de la construcción debe adecuarse al tipo de suelo.
 - El personal debe conocer las zonas de seguridad.
 - Debe existir una buena distribución y ubicación de los equipos.
 - Realizar un mantenimiento e inspección técnica periódica de las edificaciones, que no exista cables sueltos, filtraciones, escapes, etc.

- Las vías de escape o salida, deben tener acceso directo a la parte externa de las edificaciones o hacia áreas seguras y deberán estar protegidas contra posibles desprendimientos de vidrios, u otros objetos.
- No se colocarán materiales u otros objetos cerca al borde del techo en las edificaciones.
- Planificar las acciones de seguridad a seguir.
- Programar simulacros de sismos.
- Cualquier escape o corredor de escape, etc., deberá estar señalizado para lo que se contará con señales adecuadas con contrastes de colores, no se permite la presencia de bultos ni cualquier obstáculo en las vías de escape.
- Identificar las áreas de seguridad externa, como explanadas, patios, áreas libres, jardines, etc.
- En lugares identificados, se deberán tener los siguientes implementos, Linternas a prueba de explosión, Radio a pilas, recipientes con agua, frazadas, botiquín de primeros auxilios.
- Durante el Sismo.
 - Ejecute el Plan de Contingencias.
 - Controlar las emociones, para no desatar el pánico entre el personal, contratistas y visitantes.
 - Cortar la energía eléctrica.
 - Paralizar las actividades.
 - Evitar el uso de escaleras.

- Ubicarse en lugares seguros; dinteles de las puertas, intersección de columnas con vigas, lejos de ventanales, debajo de muebles fuertes que ofrezcan seguridad (mesas, escritorios).
- Si se encuentra en un área cerrada y colmada de gente proceder a salir ordenadamente, manteniendo la calma y una vez fuera ocupe un espacio totalmente descubierto.
- Permanecer en el establecimiento, si el sismo fuera de gran intensidad proceder a evacuar.
- Abrir las puertas, pues éstas se pueden trabar dificultando la evacuación posterior.
- Utilizar linternas a prueba de explosión, nunca fósforos, velas o encendedores.
- Los vehículos que se encontraran en la zona de almacenamiento y plataforma, deberán permanecer hasta finalizar el sismo con el motor apagado.
- Después del Sismo.
 - Recordar que después de un sismo fuerte debemos estar preparados para las réplicas, por ello es conveniente esperar un tiempo para retornar a las actividades normales del establecimiento.
 - Utilizar una radio a pilas y escuchar los boletines de emergencias.

- Participar en la evaluación de daños para detectar condiciones de riesgo en los sectores que le correspondan o le sean asignados.
- El Coordinador General indicará el inicio de actividades.

E. Inundaciones.

- Cuando se produzcan inundaciones el personal dejará de operar de inmediato, apagando rápidamente las máquinas que están siendo utilizadas y se dirigirá en primera instancia a las áreas de seguridad o a las oficinas.
- En caso se produzca fugas o derrames como consecuencias de las inundaciones, se implementará la respuesta mencionada en los puntos A, B, según corresponda.
- Se deberá contar con un sistema de drenaje.
- Tanto el tanque, tuberías, como los accesorios deberán ser convenientemente anclados y protegidos contra la corrosión.
- Todos los cables e instalación eléctrica en general deberán estar entubados herméticamente o empotrados.

F. Tsunamis.

No es aplicable para la planta envasadora por encontrarse a 1 hora de la zona costera.

G. Explosiones.

Para contrarrestar una explosión se deberán tomar las siguientes acciones:

- Evitar la fuga de GLP al medio ambiente, para ello se deberá tomar en cuentas las recomendaciones señalas para tal evento.

- Evitar cualquier desnivel (caja de desagüe o eléctrico) donde pueda ingresar el GLP fugado y generar un ambiente explosivo confinado.
- Cumplir con las distancias de seguridad que señala las normas vigentes para el almacenamiento de GLP.
- No hacer fuego a menos de 50 m de la zona de almacenamiento y despacho de GLP (colocar letreros preventivos).

H. Blevé.

Para reducir este riesgo, la brigada de contra incendio y/o bomberos deben seguir las recomendaciones que aparecen a continuación:

- Combatir el incendio desde la máxima distancia posible, o usar boquillas monitoras o soportes de mangueras automáticos.
- Enfriar los recipientes inundándolos con grandes cantidades de agua hasta mucho después de que se haya extinguido el incendio.
- No arrojar agua a la fuente del escape o a los dispositivos de seguridad debido a que puede presentarse la formación de hielo.
- Abandonar el área de inmediato si se escucha un ruido ascendente que surge de los dispositivos de seguridad de ventilación o se nota alguna decoloración en el tanque.
- Para los incendios masivos, usar soportes de mangueras automáticos; si esto no es posible, abandonar el área y dejar que el incendio se extinga.
- Tener presente que cuando ocurre un incendio de tipo BLEVE, pueden volar secciones del tanque en cualquier dirección.

4.3.3.4. Organismos de apoyo a las medidas de mitigación.

Toda emergencia en la instalaciones de GLP debe ser informada al Coordinador General, que se apersonará al lugar con el Jefe de Operaciones, Control de Emergencias y estimarán la magnitud de la misma. Se ejecutará el Plan de Contingencias asumiendo la función que corresponde a cada integrante, hasta que llegue el apoyo externo.

Tabla N° 32; Centrales de apoyo de emergencia de Trujillo.

ORGANISMOS DE APOYO	TELEFONO
Central de emergencias del cuerpo de bomberos de Trujillo	116
CIA de Bomberos de Trujillo	044-226495
Defensa civil	285524-503223
Hospital Regional	044-231581
Comisaria El alto Trujillo	044-702418

Fuente: Jebicorp S.A.C.

Elaboración: Tesista

4.4. Determinación del presupuesto del programa para la planta envasadora.

Es necesario comprender y entender que el factor humano es el recurso más importante en una empresa, para el cálculo del costo del programa de prevención de riesgos y control de incendios, se calculará el costos para la construcción de la planta envasadora y el costo del programa propuesto, finalmente se evaluará los beneficios que el programa propuesto brindara al ser implementado.

4.4.1. Costo de los accidentes.

Los accidentes en la planta envasadora pueden generar pérdidas de diferente índole, materiales, humanas, las cuales se calcularán para luego compararlos con el costo del programa de prevención.

4.4.1.1. Costos humanos.

Los costos humanos se identificarán con tres tipos de criterios, para el trabajador, empleador y la sociedad.

A. Costos humanos para el trabajador:

- Dolor y sufrimiento propio del accidente.
- Disminución de la capacidad Laboral (accidentes incapacitantes).
- Sufrimiento de la familia.

B. Costos humanos para el empleador:

- Deterioro de imagen ante la sociedad.
- Pérdida de recursos humanos.

C. Costos humanos para la sociedad:

- Muertes.
- Lesiones.
- Pérdida de fuerza laboral.

4.4.1.2. Costos de materiales.

Se realiza el cálculo de los equipos y materiales que pertenecen a la construcción de la planta para su funcionamiento.

Tabla N° 33: Inversión

Descripción	Cantidad	Precio Parcial	Costo
Obras Civiles			S/. 314,400.00
Edificación	1	S/. 120,000.00	
Cisterna de agua	1	S/. 35,000.00	
Cerco perimétrico	1	S/. 33,000.00	
Plataforma de llenado de cilindros	1	S/. 31,300.00	
Zona de tanque estacionario	1	S/. 28,300.00	
Instalaciones sanitarias	1	S/. 15,500.00	
Instalaciones eléctricas	1	S/. 25,300.00	
Techo estructural	1	S/. 15,000.00	
Puertas	1	S/. 6,000.00	
Ventanas	1	S/. 5,000.00	
Tanque de almacenamiento			S/. 576,210.00
Tanque de almacenamiento de 30,000 galones	2	S/. 566,100.00	
Tanque de 500 galones	1	S/. 10110.00	
Equipos mecánicos			S/. 59,000.00
Bomba corken 521	2	S/. 30,000.00	
Compresora	1	S/. 20,000.00	
Balanza de re-pesaje	2	S/. 2,800.00	
Balanza semiautomáticas de llenado	10	S/. 6,200.00	
Instalaciones mecánicas			S/. 10,120.00
Línea y válvulas para GLP	15	S/. 759.00	
Manguera para GLP	2	S/. 1,010.00	
Válvulas By pass	2	S/. 540.00	
Válvula Shut off	3	S/.1,011.00	
Líneas de aire	1	S/. 800.00	
Cilindros de 10kg	400	S/. 6,000.00	
Instalaciones Eléctricas			S/. 32,600.00
Tableros eléctricos	5	S/. 10,000.00	
Acometidas	1	S/. 4,000.00	
Iluminación exterior		S/. 1,600.00	

Equipos a prueba de explosión		S/. 15,000.00	
Instalaciones sanitarias		S/. 8,000.00	S/. 8,000.00
Otros Equipos			S/. 30,200.00
Equipo para pintado de cilindros		S/. 2,200.00	
Grupo electrógeno		S/. 28,000.00	
Muebles y enceres			S/. 1,200.00
Muebles y enceres		S/. 300.00	
Equipos de oficina		S/. 900.00	
TOTAL			S/. 1,031,730.00

Fuente: Miguel Monge Talavera - Proyecto de Instalación de planta envasadora de Gas Licuado de petróleo en la ciudad de Arequipa.

Elaboración: Tesista

4.4.2. Costo del programa de prevención de riesgos y control de incendios.

En el desarrollo de este capítulo se calculara el costo del programa de prevención de riesgos y control de incendios, gastos en que la empresa tendrá que incurrir para obtener los resultados propuestos en el programa.

4.4.2.1. Costo Directo.

Son aquellos costos que guardan una relación estrecha con el producto. Se establecen desde la primera fases de producción y suelen reflejarse en los presupuestos o estimaciones de costos.

Para esta investigación la presenta investigación se están considerando los materiales que han servido de base para la elaboración.

Tabla N° 34: Costos directos para programa de prevención de Riesgos

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Laptop.	01	S/ 2,500.00	S/ 2,500.00
Equipos de oficina	01	S/ 500.00	S/ 500.00
Sueldo de Ing. Evaluador de riesgos.	01	S/ 5,000.00	S/ 5,000.00
TOTAL			S/ 8,000.00

Elaboración: Tesista

Fuente: Atix Gas S.A.C.

4.4.2.2. Costo indirecto

En esta investigación los costos indirectos están relacionados de manera tangencial con el programa de prevención de riesgos, a continuación se detallaran los gastos calculados para los equipos que se han propuesto en el presente programa.

Tabla N° 35: Costos indirectos para programa de prevención de Riesgos

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Sistemas de seguridad.			S/. 1,530.00
Sistemas de alivio de presión	4	S/. 400.00	
Instrumento de medición y control	8	S/. 80.00	
Equipos para sobrellenado	2	S/. 300.00	
Equipos de cierre de emergencia	3	S/. 750.00	
Capacitaciones			S/. 12,800.00
Para brigadas de Emergencia	4	S/. 4,800.00	
Trabajadores de planta	4	S/. 8,000.00	
Equipos de control de incendios.			S/. 11,713.00
Gabinetes contra incendio	5	S/. 1,400.00	
Equipos de respiración autocontenida	2	S/. 4,200.00	
Extintores de 50 kg	2	S/. 944.00	
Extintores de 13.6 kg tipo BC	12	S/. 151.00	
Explosímetros		S/. 300.00	
Trajes aluminizados	2	S/. 3,033.00	
Trajes de bomberos	2	S/. 1,685.00	
Sistema contra incendio.			S/. 108,170.00
Cuarto de bombas	1	S/. 77,510.00	
Red de tuberías, gabinetes contra incendio.	1	S/. 26,960.00	
Sistema de alarma	1	S/. 2,500.00	
Señalización	1	S/. 1,200.00	
TOTAL			S/. 134,213.00

Elaborado: Tesista

Fuente: Andrea nieto Carrillo, Eduardo rene Ocaña carrera, Diseño de un sistema de protección contra incendios en una planta envasadora de Gas, ecuador 2010.

4.4.3. Costo – beneficio.

Para determinar el costo beneficio, se compara con el costo de los accidentes, siendo el costo humano un valor incalculable e incomparable, de esta manera se procede a trabajar con el “costo material” que en este caso está reflejado por el costo de los equipos y materiales que tiene la planta envasadora y se comparará con el costo del programa de prevención de riesgos y control de incendios.

Tabla N° 36: Costos - beneficio

Descripción de la inversión	Costo
Construcción de planta envasadora de GLP	S/ 1,031,730.00
Programa de prevención de Riesgos y control de incendios.	S/ 142,213.00
Beneficio	S/ 889,517.00
Porcentaje de costo beneficio	% 0.86

Como se puede observar en la tabla N° 36, existe un beneficio de ahorro de S/ 889,517.00 soles sobre el costo material, se refleja que el programa de prevención de riesgos y control de incendios tiene una importancia razonable y que al ser aplicado contribuye a salvaguardar un porcentaje de %86 de costo de construcción.

Se comprende que ante la vida humana del personal en el interior de la planta no tiene comparación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Se describió la distribución y operación de la planta envasadora de gas licuado de petróleo, permitiendo ampliar la información para una mejor investigación en el análisis de riesgos.
- Se analizó los riesgos en la planta identificando 8 escenarios de riesgo que están en la Tabla N° 8 de la presente investigación con altos valores de probabilidad de ocurrencia, donde el escenario N°4 “Pérdida de contención de GLP, en compresora durante el despacho de producto” tiene el riesgo más alto que puede generar una explosión de nube de vapor no confinado (unconfined Vapour cloud explosión – UVCE).
- Se desarrolló el programa de prevención de riesgos y control de incendios proponiendo equipos de seguridad, charlas informativas y acciones de respuesta para todo el personal de la planta para lograr identificar las señales y acciones a seguir durante un accidente en la planta.
- Se determinó el presupuesto del programa de prevención de riesgos propuesto para la planta envasadora de gas licuado de petróleo de la empresa Jebicorp S.A.C.

5.2.Recomendaciones.

- Para un mejor análisis de riesgos se pueden utilizar otros métodos cualitativos como el FMEA (análisis de modo de falla y efecto) y o el HAZOP que son utilizados en procesos industriales como refinerías o plantas químicas.
- Existen programas que ayudarían a realizar una simulación de las consecuencias de cada evento que se podría presentar en la planta, con lo cual se tendría una identificación de riesgos más exacta, ayudando que el programa de prevención de riesgos y control de incendios se mejore.
- El programa de mantenimiento para los equipos de la planta será de mucha importancia, siendo necesario que exista un registro de las fallas que se pueden suscitar, ayudando de esa manera a otras investigaciones a realizar un análisis contemplando los equipos.
- La capacitación del personal debe ser continuo considerando al cuerpo de bomberos del Perú como el principal equipo de ayuda para las capacitaciones y así tener un trabajo en conjunto para mejoras en los sistemas de prevención.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA

- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** Dirección General de Hidrocarburos, “Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de Gas Licuado de Petróleo” (D.S. N° 027-94-EM) Lima, Perú. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/>
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 065-2008-EM) Lima, Perú. Recuperado de <http://www.osinerg.gob.pe/>
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** Dirección General de Hidrocarburos, “Reglamento de Seguridad para establecimientos de venta al Público de Combustibles derivados de Hidrocarburos” (D.S. N° 054-93-EM) Lima, Perú. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/>
- **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS.** Dirección General de Hidrocarburos, “Decreto Supremo que modifica el Reglamento de seguridad para instalación y transporte de GLP” (D.S. N° 031-2014-EM) Lima, Perú. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/>
- **Languages Worldwide. National Fire Protection Association NFPA N° 13.** “Norma para la instalación de sistemas de Rociadores”. Edición 2007. Recuperado de <https://www.nfpa.org/>
- **Languages Worldwide. National Fire Protection Association NFPA N° 14.** “Norma para la instalación de sistemas de Tubería Vertical y de Mangueras”. Edición 2007. Recuperado de <https://www.nfpa.org/>

- **Languages Worldwide. National Fire Protection Association NFPA N° 20.** “Norma para la instalación de bombas estacionarias contra incendios”. Edición 2007. Recuperado de <https://www.nfpa.org/>
- **Languages Worldwide. National Fire Protection Association NFPA N° 25.** “Manual para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendio a base de agua.”. Edición 2002. Recuperado de <https://www.nfpa.org/>
- **National Fire Protection Association NFPA N° 58.** “Liquefied Petroleum Gases” Edición 2004. Recuperado de <https://www.nfpa.org/>
- **Miguel Monge Talavera.** “Proyecto de Instalación de una Planta Envasadora de Gas Licuado de Petróleo en la ciudad de Arequipa” (Tesis para optar el grado Profesional), Universidad Nacional de San Marcos. Perú- 2002. Recuperado de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/>
- **Bósquez Yánes Flor de María.** “Diseño de un sistema contra incendios en base a la normativa NFPA, para la empresa metalurgia ecuatoriana Adelca S.A.” (Tesis para optar el grado de Ingeniera Industrial), Escuela Superior Politécnica Chimborazo. Ecuador - 2013. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/>
- **Pulido Montoya José Luis.** “Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo – GLP” (Tesis para optar el grado de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial), Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú 2005. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe>

- **J.M. Storch de Gracia y T. Garcia Martín** (2008). “Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas”. España. Edigrafos. S. A. Obtenido en <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479788643.pdf>
- **Felipe Gonzales Cruz**. “Estudio de riesgos para estación de servicios José Espinar Cusco S.R.L.” (Agosto 2015) Perú.

ANEXOS

Anexo N° 1: Tabla de Incidentes de Plantas industriales

Table 2.17 Top Onshore Incidents Listed in Decreasing Order of Fatalities Involved: Worldwide, 1970 – 2005 (mainly [13])

Accident Date (dd/mm/yyyy)	Location	Material name	Source	Event (Note 1)	No. of Fatalities	No. of Injuries	Country	Notes
3/12/1984	Bhopal, Madhya Pradesh	Methyl Isocyanate	Process: Pressurised	Continuous Release; Fireball	>2000	>170,000	India	1
2/11/1994	Dronka	Aircraft Fuel	Storage: Atmospheric	Continuous Release; Fire	>580		Egypt	3
19/11/1984	San Juan Ixhuatepec, Mexico City	LPG	Storage: Pressurised Storage	BLEVE	>500	2500	Mexico	
23/12/2003	Gao Qiao, Chongqing	Natural Gas, Hydrogen Sulphide (Sour Gas)	Gas Well	Blowout: Continuous Release	243	4000-9000	China	
19/12/1982	Tacoa	Fuel Oil	Transfer: Atmospheric Storage	Explosion; Instantaneous Release	>153	500	Venezuela	
14/9/1997	Visakhapatnam, Andhra Pradesh	LPG, Kerosene, Petroleum Products, Crude Oil	Transfer: Pipework	Explosion: Fire	56	20	India	
24/1/1970	Semarang, Java	Kerosene	Storage: Pipework	Fire; Tank Fire	50		Indonesia	4
6/1/1998	Xingping, Shaanxi	Nitrogen	Process: Pipework	Explosion	50	100	China	
8/1/1979	Bantry Bay, Cork	Crude Oil	Transfer: Ship	Explosion: Fireball	50		Eire	5
24/3/1992	Dakar	Ammonia	Process	Explosion; Fire	41	403	Senegal	6
10/2/1973	Staten Island, New York	Natural Gas	Storage: Atmospheric	Confined Explosion; Fire	40	2	Usa	
30/3/1972	Duque De Caxias, Rio De Janeiro	LPG	Storage: Pressurised	BLEVE: Fire	39	51	Brazil	
17/8/1999	Korfez, Gulf Of Izmit	Crude Oil, Naphtha	Process	Fire; Continuous Release	37		Turkey	
9/11/1988	Bombay	Toluene, Benzene, Naphtha	Storage: Atmospheric	Fire; Explosion	35	16	India	
26/6/1971	Czechowice	Oil	Storage: Atmospheric	Explosion; Fire	33		Poland	
6/11/1990	Maharashtra, Bombay	LPG	Process: Pipework	Continuous Release; Unconfined Explosion	<31	>30	India	
21/9/2001	Toulouse	Ammonium Nitrate, Ammonia, Chlorine	Storage: Atmospheric	Explosion	30	2500	France	
1/6/1974	Flixborough, Lincolnshire	Cyclohexane	Process: Pipework	Continuous Release; Unconfined Explosion	28	89	UK	
22/10/1988	Shanghai	LPG	Process	Unconfined Explosion; Fire	25	17	China	
20/10/1995	Colombo	Diesel, Kerosene, Crude Oil	Storage: Atmospheric	Explosion; Fire	<25		Sri Lanka	7
19/1/2004	Skikda	LNG	Process: Heat Exchangers	Fire	23	74	Algeria	
23/10/1989	Pasadena, Texas	Isobutane	Process: Reactor	Unconfined Explosion;	23	125	USA	

Anexo N° 1: Tabla de Incidentes de Plantas industriales

Accident Date (dd/mm/yyyy)	Location	Material name	Source	Event (Note 1)	No. of Fatalities	No. of Injuries	Country	Notes
				Fire				
??/1972	Weirton, West Virginia	Propane	Process	Confined Explosion	21	20	USA	8
9/12/1977	Cartagena	Ammonia	Process: Reactor	Explosion; Release	21	30	Colombia	
26/6/1996	Nr Tianjin	Chemicals (unspecified)	Process	Explosion	19	20	China	
23/3/1979	Beira, Sofala	Oil	Storage: Atmospheric	Tank Fire; Fire	19		Mozambique	9
13/7/1979	Taipei	Resin	Storage	Dense Phase Explosion; Fire	18	59	Taiwan	10
13/7/1973	Potchefstroom, Natal	Ammonia	Transfer: Pressurised Storage	Instantaneous Release; Dense Gas Cloud	18	65	South Africa	
5/7/1990	Channelview, Texas	Hydrocarbons	Waste: Atmospheric Storage	Explosion; Fireball	17	5	USA	
1/11/1986	Devnya,	Vinyl Chloride	Process: Pipework	Explosion; Fire	17	19	Bulgaria	
??/7/1984	Chicago, Illinois	Propane, Monoethanolamine	Process: Process Vessels	Instantaneous Release; Explosion	17	17	USA	
23/5/1984	Abbeystead, Lancashire	Methane	Process	Explosion	16	28	UK	11
13/8/1989	Qingdao,	Oil	Storage	Explosion; Tank Fire	16	86	China	
5/8/1993	Qingshuihe, Guangdong	Sulphur, Organophosphorus, Ammonium Nitrate, LPG	Warehouse	Explosion; Fire	>15	>160	China	12
23/3/2005	Texas City, Texas	Octanes	Process: Process Vessels	Explosion; Fire	15	>100	USA	
23/7/1984	Romeoville, Illinois	Propane	Process: Reactor	Unconfined Explosion; BLEVE	15		USA	
13/10/1974	.	Crude Oil	Transfer: Ship	Explosion; Fire	15	4	Sumatra	13
??/6/1974	Zaluzi,	Ethylene	Process	Explosion	14	79	Czechoslovakia	
25/8/1977	Cairo,	Butane	Process	Release	14	6	Egypt	14
7/11/1975	Beek,	Propylene	Process: Pipework	Dense Gas Cloud; Unconfined Explosion	14	107	Netherlands	
1/9/1992	Eleusis,	Crude Oil	Process: Pipework	Explosion; Fire	14	>30	Greece	
2/6/1979	Sajobabony,	Chemicals (unspecified)	Process	Explosion; Fire	13	6	Hungary	
4/10/1989	Yochon, Cholla Namdo	Chemicals	Process	Explosion; Fire	13	19	South Korea	15
18/3/1990	Tehran,	Gas	Storage	Explosion; Fire	13	>1	Iran	16
8/7/2002	Shenxian, Shandong Province	Ammonia	Process: Pipework	Continuous Release	13	11	China	
??/1976	Chalmette, Louisiana	Ethyl Benzene	Process: Process Vessels	Explosion; Fire	13		USA	
5/7/1973	Kingman, Arizona	Butane	Transfer: Rail Tanker	Continuous Release; BLEVE	13	95	USA	17
7/4/1974	Fort Mifflin, Pennsylvania	Crude Oil	Transfer: Ship	Fire; Explosion	13	8	USA	18

Anexo N° 1: Tabla de Incidentes de Plantas industriales

RADD – Major accidents

Accident Date (dd/mm/yyyy)	Location	Material name	Source	Event (Note 1)	No. of Fatalities	No. of Injuries	Country	Notes
30/1/1989	Secunda, Transvaal	Oil	Process: Pipework	Explosion; Fire	12	8	South Africa	
25/3/1993	Maracaibo,	Natural Gas	Process	Explosion; Fire	11	>1	Venezuela	
26/5/1992	Haryana,	Ammonia	Process: Pipework	Release	11	9	India	
7/9/1992	Haryana,	Ammonia	Process: Pipework	Explosion	>11	9	India	
??/3/1984	, Lagos	Kerosene	Process	Explosion	10		Nigeria	
??/2/1979	Risa,	Petrol	Process	Confined Explosion; Fire	10		Germany	
22/6/1981	Rocklin, California	Gasoline	Storage: Atmospheric	Release	10		USA	

Notes

1. Events are presented as given in MHIDAS.
2. Fatalities/injuries estimated from various sources.
3. Military depot tanks struck by lightning and flaming fuel spread through flooded town.
4. Tank fire caused by theft from pipeline after torch ignited leak from pipeline.
5. Explosion on vessel during unloading.
6. Ammonia tank in peanut plant.
7. Bomb attack.
8. Coking works.
9. Guerilla attack.
10. Resin factory.
11. Water pumping station.
12. Warehouse fire spread to LPG tank.
13. Explosion on ship during loading.
14. Butane bottling factory
15. Unclear from description if plastics goods factory or acrylonitrile plant.
16. Underground gas storage facility.
17. Rail tanker BLEVE during unloading.
18. Explosion on ship - not clear from description if vessel was loading/unloading at time of incident.

Anexo N° 2: Tablas Referenciales del Manual Bevi

Table 27 Scenarios for pipelines aboveground

	Frequency (per meter per annum)	Frequency (per meter per annum)	Frequency (per meter per annum)
	nominal diameter < 75 mm	75 mm ≤ nominal diameter ≤ 150 mm	nominal diameter > 150 mm
1. Rupture in the pipeline	1×10^{-6}	3×10^{-7}	1×10^{-7}
2. Leak with an effective diameter of 10% of the nominal diameter, up to a maximum of 50 mm	5×10^{-6}	2×10^{-6}	5×10^{-7}

Table 28 Scenarios for underground transport pipelines

	Frequency (per meter per annum)	Frequency (per meter per annum)	Frequency (per meter per annum)
	Pipeline in pipe bay	Pipeline complies with NEN 3650	Other pipelines
1. Rupture in the pipe	7×10^{-9}	1.525×10^{-7}	5×10^{-7}
2. Leak with an effective diameter of 20 mm	6.3×10^{-8}	4.575×10^{-7}	1.5×10^{-6}

Table 35 Scenarios for centrifugal pumps and centrifugal compressors

	Canned (without gasket) Frequency (per annum)	With gasket Frequency (per annum)
Catastrophic failure	1×10^{-3}	1.0×10^{-4}
Leak (10 % diameter)	5×10^{-2}	4.4×10^{-3}

Table 36 Scenarios for reciprocating pumps and reciprocating compressors

	Frequency (per annum)
Catastrophic failure	1.0×10^{-4}
Leak (10 % diameter)	4.4×10^{-3}

Table 50 Scenarios for loading activities

	Frequency Loading/unloading arm (per hour)	Frequency Loading/unloading hose (per hour)
1. Rupture of loading/unloading arm or loading/unloading hose	3×10^{-8}	4×10^{-6}
2. Leak in loading/unloading arm or loading/unloading hose with an effective diameter of 10% of the nominal diameter, up to a maximum of 50 mm.	3×10^{-7}	4×10^{-5}

Table 51 Additional scenarios for loading flammable substances for road tankers and tank wagons

Type of tanker/tank wagon	Scenario	Frequency (per hour)
1. Atmospheric	Instantaneous release of entire contents, pool fire	5.8×10^{-9}
2. Pressure	Instantaneous release of entire contents, BLEVE	5.8×10^{-10}