

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO**



**ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS EN UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
PETROQUÍMICO**

**Eliott Armstrong Culqui Culqui**

**PROMOCIÓN 94-0**

**LIMA – PERÚ**

**2004**

## Dedicatoria

Esta tesis se lo dedico a mis padres y hermana que en todo momento me brindaron su apoyo para ahora ver coronado con éxito el fruto de mi esfuerzo. Así mismo, quisiera que este trabajo sirva de estímulo a mi sobrina Dalia en el camino profesional que ella elija.

**Elliott A. Culqui**  
**21-12-2004**

## INDICE

<b>Capítulo 1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>Pág.1</b>
1.1.	Alcance y Justificación del Estudio	
1.2.	Objetivos del Estudio	
<b>Capítulo 2.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>Pág.3</b>
<b>Capítulo 3.</b>	<b>Metodología de Estudio.....</b>	<b>Pág.7</b>
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Descripción de la Planta y el Entorno .....</b>	<b>Pág.9</b>
4.1.	Ubicación y Situación	
4.2.	Operaciones	
4.3.	Área del tanques	
4.4.	Área de Maniobras	
4.5.	Área de Transferencia	
4.6.	Área de Oficinas Administrativas	
4.7.	Distribución Interna de la Planta	
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Características de los Productos Almacenados</b>	
	.....	<b>Pág.12</b>
5.1.	Gas Licuado de Petróleo	
5.2.	Diesel 2	
5.3.	Riesgos Potenciales	
5.3.1.	Fugas de Gas: Nubes de Vapor, UVCE, CVCE, Deflagraciones	
5.3.2.	BLEVE´s y Bolas de Fuego	
5.3.3.	Derrames de combustible líquido: Incendio	
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Identificación de Riesgos.....</b>	<b>Pág.14</b>
6.1.	Riesgos por Factores Operativos	
6.1.1.	Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP.	
6.1.2.	Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel2.	
6.1.3.	Análisis Funcional de Operabilidad HAZOP.	
6.1.3.1.	Proceso de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP.	
6.1.3.2.	Proceso de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel 2.	
6.2.	Riesgos por Factores de Entorno	
6.2.1.	Factores Sociales	
6.2.1.1.	Actividad Urbana y Socio-Cultural	
6.2.1.2.	Actividad Industrial	
6.2.1.3.	Actividad Militar	
6.2.1.4.	Tráfico: Aéreo, Terrestre y Marítimo	

- 6.2.2. Factores Naturales
  - 6.2.2.1. Geografía
  - 6.2.2.2. Clima

## **Capítulo 7. Evaluación del Riesgos.....Pág.21**

- 7.1. Determinación del Nivel de Riesgo
- 7.2. Simulación de Riesgos
  - 7.2.1. Fuga de Líquido Saturado: GLP
  - 7.2.2. Dispersión Gaseosa: Nube de Vapor
  - 7.2.3. Sobre Presión Generada en un BLEVE
  - 7.2.4. Radiación Térmica en un BLEVE: Bola de Fuego
  - 7.2.5. Proyección de Fragmentos en un BLEVE

## **Capítulo 8. Admisibilidad del Riesgo.....Pág.32**

- 8.1. Recomendaciones del Análisis HAZOP
  - 8.1.1. En el Proceso de Transferencia de GLP
  - 8.1.2. En el Proceso de Transferencia de Diesel 2
- 8.2. Criterios Legales y Técnico Normativos
  - 8.2.1. Prevención en el Proceso y su Control
    - 8.2.1.1. Diseño de Tanques
    - 8.2.1.2. Válvulas de Alivio y de Seguridad
    - 8.2.1.3. Válvulas de Bloqueo
    - 8.2.1.4. Detección de Fugas
    - 8.2.1.5. Alarmas de Emergencia
    - 8.2.1.6. Sistema Eléctrico
  - 8.2.2. Prevención Pasiva de Pérdidas
    - 8.2.2.1. Muros de Contención y Áreas Estancas
    - 8.2.2.2. Vías de Acceso y Evacuación
    - 8.2.2.3. Ubicación de tanques
    - 8.2.2.4. Distancias Mínimas
    - 8.2.2.5. Señalización
    - 8.2.2.6. Protección Ignífuga y por Explosión
  - 8.2.3. Prevención Activa de Pérdidas
    - 8.2.3.1. Elementos de Primera Línea
    - 8.2.3.2. Sistema de Enfriamiento del tanque de GLP
    - 8.2.3.3. Sistema de Espuma
    - 8.2.3.4. Red de Agua Contra Incendio
    - 8.2.3.5. Plan de Contingencia y Brigada de Emergencia

## **Capítulo 9. Diseño del Sistema Integral de Prevención ..... Pág.38**

- 9.1. Prevención en el Proceso y Su Control
  - 9.1.1. Diseño de Tanques: Tanque atmosférico y Recipientes a Presión
  - 9.1.2. Válvulas de Alivio y de Seguridad
  - 9.1.3. Válvulas de Bloqueo

- 9.1.4. Detección de Fugas
- 9.1.5. Sistema de Alarmas
- 9.1.6. Sistema Eléctrico a Prueba de Explosión
- 9.1.7. Conexión a Tierra
- 9.2. Prevención Pasiva
  - 9.2.1. Muros de Contención y Áreas Estancas
    - 9.2.1.1. Área del Tanque Diesel 2
    - 9.2.1.2. Área del Tanque de GLP
  - 9.2.2. Vías de Acceso y Evacuación
  - 9.2.3. Ubicación Estratégica de Tanques
  - 9.2.4. Distancias Mínimas
  - 9.2.5. Señalización
  - 9.2.6. Protección Ignífuga y por Explosión
- 9.3. Prevención Activa
  - 9.3.1. Elementos de Primera línea
    - 9.3.1.1. Detectores de Fuego: Temperatura, Humo
    - 9.3.1.2. Sirenas
    - 9.3.1.3. Extintores Contra Incendio
  - 9.3.2. Sistema de Enfriamiento del Tanque de GLP
    - 9.3.2.1. Área expuesta
    - 9.3.2.2. Rociadores
  - 9.3.3. Sistema de Espuma para el Tanque Diesel 2
  - 9.3.4. Red de Agua Contra Incendio
    - 9.3.4.1. Máximo Riesgo Individual Probable
    - 9.3.4.2. Análisis de Demandas
    - 9.3.4.3. Reserva de Total de Agua
    - 9.3.4.4. Bombeo de agua requerido
    - 9.3.4.5. Hidrantes, Gabinetes y Monitores
    - 9.3.4.6. Red de Tuberías Contra Incendio
  - 9.3.5. Plan de Contingencias
  - 9.3.6. Brigadas de Emergencia
  - 9.3.7. Seguridad y Vigilancia

## **Capítulo 10. Gestión Integral de la Seguridad .....Pág.50**

- 10.1. Seguridad en las Operaciones
  - 10.1.1. Información y Normalización
  - 10.1.2. Adiestramiento de Personal
  - 10.1.3. Motivación y Estímulo
- 10.2. Mantenimiento Correctivo
- 10.3. Mantenimiento Preventivo
- 10.4. Prevención y Actuación Frente a Siniestros
  - 10.4.1. Funciones del Personal de Seguridad
  - 10.4.2. Auditoria Técnica y de Seguridad
  - 10.4.3. Plan de Contingencias
  - 10.4.4. Brigadas de Emergencia
- 10.5. Responsabilidad y Aseguramiento

## **Capítulo 11. Análisis de Justificación..... Pág.55**

- 11.1. Costos de Implementación
- 11.2. Justificación de la inversión en Seguridad

## **Capítulo 12. Anexos..... Pág.57**

- 12.1. Glosario
- 12.2. Fundamento Teórico
  - 12.2.1. Fuga de Líquidos Saturados: Modelo de Brasie
  - 12.2.2. Dispersión Gaseosa: Modelo de Hay Pasquill -Gifford
  - 12.2.3. Sobre Presión en Explosiones no Confinadas: Nubes de Vapor y BLEVES: Método del TNT equivalente.
  - 12.2.4. Radiación Térmica en Incendios y BLEVES: Modelo de Gayle 2.
  - 12.2.5. Proyección de Fragmentos en un BLEVE: Modelo de Birk.
  - 12.2.6. Método de la Matriz Bidimensional para la Evaluación de Riesgos.
  - 12.2.7. Método de William T. Fine para la Evacuación de Riesgos
- 12.3. Cálculos
  - 12.3.1. Fuga de Líquidos Saturados
  - 12.3.2. Dispersión Gaseosa
  - 12.3.3. Sobre Presión Generada en un BLEVE
  - 12.3.4. Radiación Térmica en un BLEVE
    - 12.3.4.1. Dimensiones de la Bola de Fuego
    - 12.3.4.2. Intensidad de Calor
  - 12.3.5. Proyección de Fragmentos en un BLEVE
  - 12.3.6. Área Expuesta
  - 12.3.7. Sistema de Enfriamiento: Número de Rociadores
  - 12.3.8. Reserva de Agua Contra Incendio
  - 12.3.9. Criterios de Selección de la Bomba
  - 12.3.10. Red de Agua Contra Incendio
- 12.4. HAZOP
  - 12.4.1. Tanque de GLP T-1
  - 12.4.2. Líneas de Transferencia L1, L2 y L3 de GLP
  - 12.4.3. Cisternas T-A y T-B de GLP
  - 12.4.4. Tanque T-2 de Diesel 2
  - 12.4.5. Líneas de Transferencia L11, L22 de Diesel2
  - 12.4.6. Cisterna T-C de Diesel 2
- 12.5. Datos Técnicos: Propiedades, tablas, ábacos
  - 12.5.1. Propiedades Fisicoquímicas del GLP
  - 12.5.2. Propiedades de las mezclas propano-butano
  - 12.5.3. Propiedades Fisicoquímicas del Diesel 2
  - 12.5.4. El Fenómeno BLEVE
  - 12.5.5. Tablas para Cálculos Hidráulicos
  - 12.5.6. Conclusiones del Estudio de suelos
  - 12.5.7. Uso de Compresores para la Transferencia de GLP
  - 12.5.8. Orientación de vientos en Pisco
- 12.6. Especificaciones
  - 12.6.1. Metrado Básico del Sistema de Prevención de Pérdidas

- 12.6.2. Listado de Partidas del Proyecto Global
- 12.6.3. Tanque de GLP
  - 12.6.3.1. Plano de diseño del tanque de GLP
- 12.6.4. Tanque de Diesel 2
- 12.6.5. Líneas de abastecimiento de GLP y Diesel 2
- 12.7. Esquemas y Diagramas
  - 12.7.1. Metodología del Análisis de Riesgo
  - 12.7.2. Árbol de Fallas
  - 12.7.3. Representación Global de Sucesos
  - 12.7.4. Dispersión Gaseosa: Nube de Vapor
  - 12.7.5. Curvas de Iso-Presión Generada
  - 12.7.6. Curvas de Iso-Radiación
  - 12.7.7. Proyección de Fragmentos
  - 12.7.8. Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP
  - 12.7.9. Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel 2
  - 12.7.10. Arreglo de Bombas
  - 12.7.11. Equipos para Generar Espuma
  - 12.7.12. Organigrama para el Control de Emergencias
  - 12.7.13. Señalización y Rotulación
- 12.8. Planos
  - 12.8.1. Situación de la Planta
  - 12.8.2. Ubicación de la Planta
  - 12.8.3. Distribución Interna
  - 12.8.4. Sistema de Seguridad Integral
  - 12.8.5. Disposición de Rociadores
  - 12.8.6. Clasificación de Áreas Inflamables: Protección del Sistema Eléctrico

**Capítulo 13. Bibliografía Consulta.....Pág.126**

## **Dedicatoria**

Esta tesis se lo dedico a mis padres y hermana que en todo momento me brindaron su apoyo para ahora ver coronado el fruto de mi esfuerzo. Así mismo, quisiera que este trabajo sirva de estímulo a mi sobrina Dalia en el camino profesional que elija.

Elliott A. Culqui



# Capítulo 1.

## Introducción

### 1.1. Alcance y Justificación del Estudio

El presente estudio es el resultado de un trabajo de investigación, resumen de experiencia en el campo y análisis de un caso concreto, donde se aplican los principios de ingeniería para el diseño y funcionamiento de un proceso seguro.

El caso en estudio es el proyecto para la construcción de una Planta de Abastecimiento de Combustibles, con capacidad de almacenamiento de 100 mil galones de GLP y 60 mil galones de Diesel<sup>2</sup>.

De conformidad con el Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, aprobado por D.S.Nº 052-93-EM, así como el Reglamento para la Comercialización de GLP, aprobado por D.S.Nº 01-94-EM, el Reglamento de Seguridad en Instalaciones y Transporte de GLP, aprobado por D.S.Nº 27-94-EM y la norma NFPA 58, las Plantas de almacenamiento de GLP y Combustibles Líquidos se deberán construir de modo tal que su funcionamiento constituya un proceso productivo seguro. Para lo cual, se requiere la elaboración de un Estudio de Riesgos y el Diseño de un sistema de Protección Contra – Incendios, a fin de hacer óptima su capacidad de respuesta ante situaciones de emergencia o siniestros.

En tal sentido, en el desarrollo del presente trabajo profundizaremos la investigación sobre el tema y aplicaremos los principios de ingeniería para Identificar, Evaluar y Mitigar el riesgo en la planta, llevándolo a un nivel aceptable de operación.

Como es de conocimiento nacional el desarrollo del Mega proyecto Camisea, trae consigo la sustitución de los combustibles tradicionales para generar energía, por el uso del GNC y GLP. Para lo cual se requiere desarrollar estudios sobre seguridad en la prevención de pérdidas para las instalaciones de almacenamiento de estos productos.

Esperamos que el presente trabajo sea una modesta contribución a este fin y oriente a la construcción de plantas futuras mucho más seguras.

## **1.2. Objetivos del Estudio**

### **1.2.1. Realizar un Estudio de Riesgos**

Identificar y Evaluar los posibles riesgos internos inherentes al proceso y externos a la planta, a fin de definir una estrategia integral de control.

### **1.2.2. Diseñar un Sistema Integral de Prevención de Pérdidas**

Diseñar un Sistema Integral de Prevención de Pérdidas que abarque aspectos de diseño en de las instalaciones y equipos, diseño de un sistema de respuesta para emergencias y la implementación de un sistema de gestión y control en su conjunto.

### **1.2.3. Preservar el Medio Ambiente**

Minimizar la posibilidad de producir un impacto negativo al medio ambiente por efecto de una catástrofe en la planta, como consecuencia de un suceso de fallos en cadena.

### **1.2.4. Preservar la Inversión e Imagen de la Compañía**

Preservar la inversión económica realizada en la planta e imagen de la compañía, evitando los costos de reposición, mediante el diseño del Sistema de Prevención de Pérdidas y un adecuado Sistema de Gestión de la Seguridad.

## Capítulo 2.

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 2.1. Conclusión

##### 2.1.1. Conclusión 1: Análisis de Riesgos

Considerando que se proyecta almacenar GLP, del Análisis de Riesgos se determina que los eventos que presentan altos índices de riesgos son: las fugas de producto, deflagraciones y explosiones de las nieves de vapor y los incendios. Los cuales a su vez podrían desencadenar en un BLEVE, que es el peor desastre que sucedería en la planta. Este fenómeno acontecería a los 7.5 minutos de iniciada la incidencia de la llama sobre el tanque de GLP, si la superficie no está refrigerada.

La planta presenta bajos índices de riesgo debido al entorno. Siendo los más importantes: la actividad sísmica, la atmósfera corrosiva, la actividad militar y el tráfico aéreo.

##### 2.1.2. Conclusión 2: Evaluación de Consecuencias

La evaluación de consecuencias, en caso suceda el peor siniestro identificado en la planta, revela que la zona de impacto alrededor de la planta es de 3km a la redonda, tomando como centro la ubicación del tanque de GLP. El orden de los sucesos y su alcance máximo son:

Proyección de fragmentos extremos: hasta 2910 m

Proyección de fragmentos laterales: hasta 1213 m

Umbral de dolor por radiación térmica: hasta 1500 m

Rotura de tímpanos por sobre presión: hasta 252m

##### 2.1.3. Conclusión 3: Prevención de Pérdidas

Para lograr un Sistema Integral de Prevención de Pérdidas en la planta, se deberá tomar medidas de control en tres ámbitos:

Prevención en el Proceso y su Control: Son todas aquellas medidas destinadas al diseño seguro de las unidades de proceso.

Prevención Pasiva: Son todas aquellas medidas destinadas al diseño seguro de la infraestructura de la planta.

Prevención Activa: Son todas aquellas medidas destinadas al diseño del sistema de respuesta para afrontar un siniestro.

#### **2.1.4. Conclusión 4: Ventajas Complementarias**

Aunque la implementación del sistema de seguridad es mandatorio por la normatividad establecida, la inversión en seguridad del presente proyecto, resulta ampliamente justificada por los siguientes aspectos:

Se preservan los activos de la compañía

Se evita la responsabilidad legal futura producto de sanciones.

Se mejora la imagen corporativa de la compañía

Se aumenta la productividad laboral

Se evitan los gastos de reposición luego de un siniestro.

Se contratan seguros de riesgo a primas reducidas.

### **2.2. Recomendaciones**

#### **2.2.1. Recomendación 1: Análisis de Riesgos**

Se deberá incluir en los manuales de capacitación y plan de contingencia de la planta, la descripción de los diferentes tipos de riesgos identificados y el modo de afrontar cada una de las situaciones de emergencia.

Con relación a los riesgos de entorno, aunque el factor de sísmica fue considerado para el diseño y montaje de los tanques, será necesario incluir el monitoreo de los cimientos de los equipos y las estructuras en los programas de mantenimiento preventivo. Así mismo, el factor de corrosión deberá ser considerado, evaluando con periodicidad la superficie de los tanques y equipos en general. Se recomienda la protección de barrera de los recubrimientos del tipo epóxico-poliamida.

Aunque el riesgo por accidente aéreo o tragedia por maniobra militar sea remoto, se recomienda la comunicación por escrito de la realización del presente proyecto a los organismos competentes.

#### **2.2.2. Recomendación 2: Evaluación de Consecuencias**

Diseñar un plan de evacuación de la planta y alrededores tomando en consideración las distancias referidas en la conclusión 2.

Notar que debido a la orientación del tanque de GLP en la planta, la ruta de escape deberá orientarse al norte de la planta, donde el alcance máximo de fragmentos laterales del tanque es 1213 m (esquema 12.7.7). Sin embargo, los efectos de radiación térmica son apreciables hasta los 1500 m (esquema 12.7.6), respecto de la

ubicación inicial del tanque. Por lo tanto, se recomienda como distancia de evacuación segura unos 2000m.

En caso de un inminente BLEVE, el sistema de enfriamiento diseñado retardará la explosión del tanque hasta los 30 minutos. Este es el tiempo estimado para la evacuación de la planta.

### **2.2.3. Recomendación 3: Prevención de Pérdidas**

El Sistema Integral de Prevención de Pérdidas de la planta deberá tener los siguientes componentes:

#### **Prevención en el Proceso y su Control:**

- Diseño estructural de tanques y soportes como resultado de la evaluación previa de riesgos.
- Instalación de válvulas de alivio, seguridad y bloqueo.
- Instalación de detectores de fugas y alarmas.
- Diseño de un adecuado sistema de eléctrico a prueba de explosión por áreas, acorde con la NFPA 70.

#### **Prevención Pasiva**

- Diseño de áreas estancas acorde con la normatividad.
- Diseño y planificación de vías de acceso, evacuación y tránsito
- Ubicación estratégica de tanques y unidades de proceso internas.
- Distancias mínimas entre unidades de proceso acorde con la normatividad establecida.
- Protección ignífuga y por explosión de soportes y obras civiles.
- Señalización de seguridad y orientativa.

#### **Prevención Activa**

- Contar con elementos de primera línea, tales como extintores, sensores auditivos, detectores de humo y fuego.
- Instalar un sistema de enfriamiento por aspersion directa de agua para el tanque de GLP, tal que garantice un régimen de enfriamiento de 10.2 lpm/m<sup>2</sup> de área expuesta, acorde con los arts. 84,86 y 101 del D.S.Nº 052-93-EM y NFPA 10, 13 y 15.
- Instalar un sistema de espuma contra incendio para el tanque de Diesel 2, tal que garantice un régimen de mezcla emulsionante no menor a 6.5 lpm/m<sup>2</sup>, acorde con los arts.: 90 y 91 del D.S.Nº 052-93-EM, NFPA 11 y 30.
- Instalar una red de agua contra incendio provista de monitores, hidrantes y mangas en toda la planta, de modo tal que la reserva de agua garantice un abastecimiento mínimo de 4hr. Las condiciones de presión en la boquilla del monitor mas alejado de la red, será no menor a 100 psig, acorde con los arts.:88, 89, 98,99 y 100 del D.S.Nº 052-93-EM y NFPA 14,20 y 24.
- Diseñar un plan de contingencia que permita afrontar cualquier situación de emergencia en la planta, en función a los riesgos ya identificados, el cual se actualizará periódicamente.
- Organizar al personal de la planta en Brigadas de Lucha contra emergencias.

A fin de garantizar el control del buen funcionamiento se deberá contar con un programa de adiestramiento constante del

personal, mantenimiento preventivo y correctivo, auditorías técnicas y las auditorías de seguridad debidamente planificadas.

#### **2.2.4. Recomendación 4: Gestión Integral**

Para que la inversión en seguridad se refleje en la rentabilidad de la compañía, se deberá:

Llevar un control estadístico de los accidentes de trabajo. Estimar los costos evitados por lesiones, compensaciones, días de parada, días de descanso, etc.

Orientar la gestión de la seguridad en el marco de un sistema integrado que involucre aspectos de seguridad y salud ocupacional, protección al medio ambiente y calidad de servicio, con el objeto de lograr certificaciones de reconocimiento internacional, tales como OSHAS 18000, ISO 14000 e ISO 9000. Esto permitirá acreditar ante las instituciones financieras y de seguros, un alto nivel de confiabilidad para la contratación de seguros y mantener un atractivo valor de las acciones de la compañía.

Emplear como estrategia de marketing la gestión de riesgos y política medioambiental instituida en la compañía. Las certificaciones OHSAS 18000 en seguridad e ISO 14000 en medio ambiente, son sinónimas de organización, planificación y control de las actividades, orientadas a minimizar los riesgos laborales, las pérdidas y el impacto al medio ambiente.

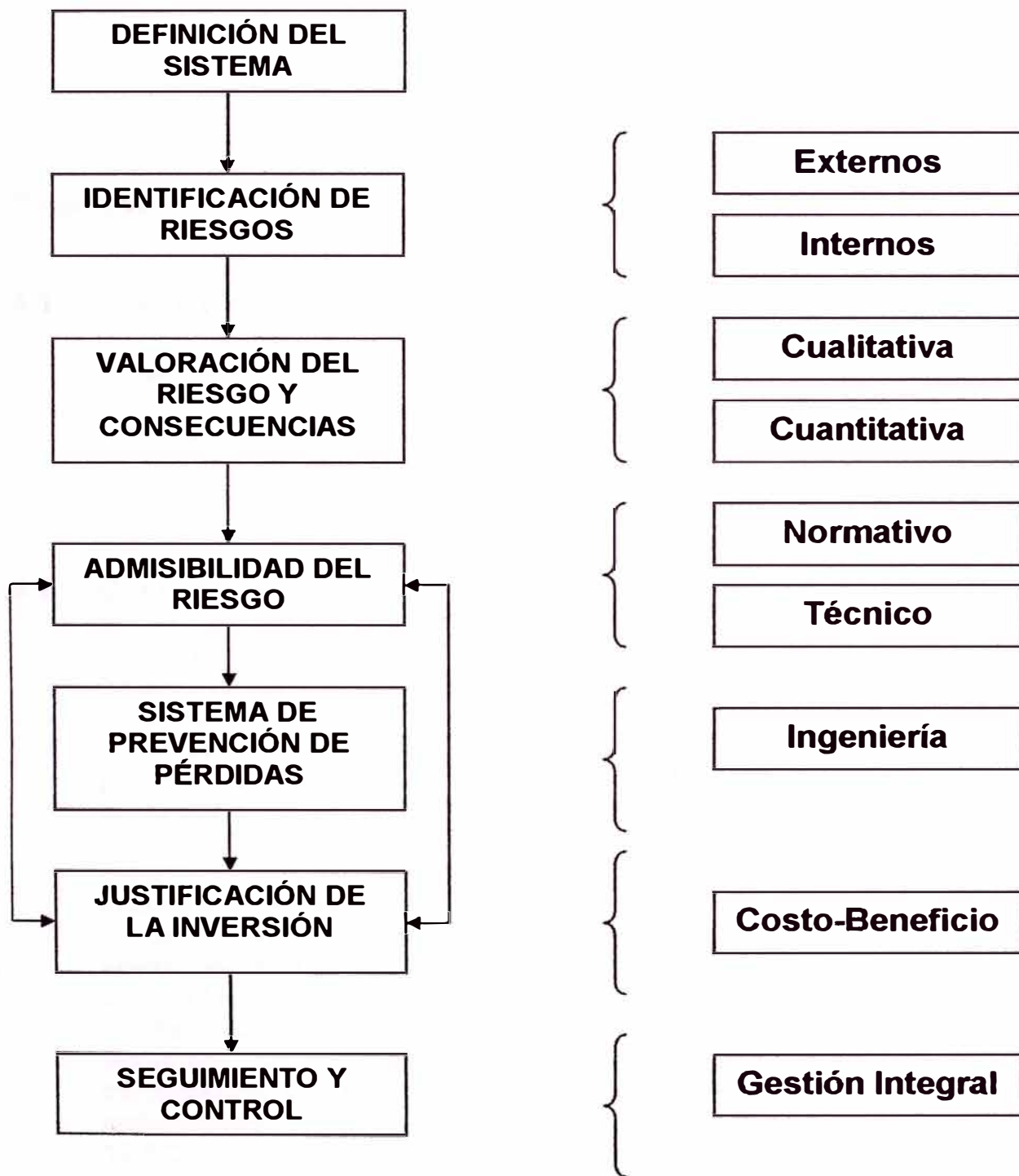
## Capítulo 3.

### Metodología del Estudio

La metodología a seguir en el presente trabajo comprende primeramente la definición y reconocimiento de la planta en estudio. El siguiente paso consiste en la identificación de los riesgos inherentes al proceso y los del entorno, que podrían afectar el funcionamiento de la planta. La tercera etapa consiste en la evaluación de los riesgos y el potencial de daño. Paso siguiente procedemos a hacer un análisis de admisibilidad, a fin de medir la tolerabilidad y determinar las medidas a tomar para que la planta opere bajo un nivel aceptable de riesgo. Producto de este análisis, diseñaremos un sistema integral para la prevención de pérdidas, en base a las exigencias de las normas técnicas y legislación vigentes. La justificación de la inversión para la implementación del sistema, como parte del proyecto integral de instalación de la planta, será de igual modo evaluada. Finalmente, como parte del sistema integral de prevención de riesgos, se plantea la gestión para el seguimiento y control (Véase Fig. 1)

Figura 1

**METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO**





## Capítulo 4.

### Descripción de la Planta y el Entorno

#### 4.1. Ubicación y Situación

La planta estará ubicada en el predio denominado Fundo Reinoso, a 389.8m., al lado Oeste de la Carretera Panamericana Sur, altura del Km. 245, Distrito de Paracas, Provincia de Pisco, Departamento de Ica.

El área donde se proyecta la construcción de la planta tiene clasificación rural, como se puede apreciar en el plano de situación de la planta (Anexo 12.8.1).

#### 4.2. Operaciones

La Planta tendrá una capacidad inicial para almacenar 100 000 galones de GLP y 60 000 galones de Diesel 2. Con alcance a duplicar la capacidad de almacenaje de GLP en el futuro.

El abastecimiento de GLP y Diesel 2, a la planta de nuestro proyecto, se hará desde la planta de fraccionamiento de GN, ubicada en la playa de Loberías. A través de dos líneas soterradas de 4" de diámetro, a lo largo de 12 km. La información técnica básica sobre estas líneas, que no son materia del presente trabajo, la podemos encontrar en el anexo 12.6.5.

La actividad principal, la venta al por mayor de GLP a plantas envasadoras del sur del país y el abastecimiento de Diesel 2 a consumidores directos.

Para el desarrollo de sus actividades, la planta cuenta con las siguientes áreas: área de tanques, área de maniobras, área de transferencia y área de oficinas administrativas. El detalle de estas instalaciones se aprecia en el plano de distribución interna (Anexo 12.8.3).

#### 4.3. Área de Tanques

La planta contará con un tanque estacionario de GLP de 100 000 galones de capacidad que se instalará sobre una base de concreto, montado con pernos de anclaje en una área destinada de 800 m<sup>2</sup>,

perfectamente ventilada. Esta área está prevista para una futura ampliación de la planta 200 000 galones de GLP totales. Las características de diseño del tanque se observa en el anexo 12.6.3.

En la planta también se instalará un tanque de techo fijo cuya capacidad será de 60 000 galones que almacenará Diesel 2. El área sobre la que se construirá éste tanque comprende 420m<sup>2</sup>.

Las especificaciones técnicas de los tanques se encuentran en el anexo 12.6.3 y 12.6.4.

#### **4.4. Vías de Circulación y Área de Maniobras**

La planta cuenta con una vía de acceso afirmada desde la puerta de ingreso a la planta hacia la zona de tanques de almacenamiento. La cual tendrá 6m de ancho en su parte más estrecha y radios de giro de 16m y 19m en las curvas. Esto permitirá a los camiones cisterna maniobrar sin problemas para posteriormente iniciar el proceso de carga de GLP o Diesel 2.

De igual modo se tiene previsto la construcción de una zona de parqueo y maniobra de camiones cisterna de 1350m<sup>2</sup>, la misma que se encuentra a 25m de la puerta principal de acceso como se aprecia en el plano de distribución interna (12.8.3).

#### **4.5. Área de Transferencia**

La zona de transferencia de GLP se encuentra a 15m del área de almacenamiento y es donde se ubicarán los compresores, el manifold de válvulas y mangueras de transferencia de producto.

Por otro lado la zona de transferencia de Diesel 2 se ubicará a 15m del perímetro del muro de contención del tanque y estará conformado por la bomba de trasiego, el manifold de válvulas y la manguera de transferencia de producto.

#### **4.6. Área de Oficinas Administrativas**

Conformada por el conjunto de obras civiles destinadas al uso del personal de la planta. En ellas se ubicarán las oficinas de gerencia, secretaría y el laboratorio de análisis.

#### **4.7. Distribución interna de la planta**

El predio de la planta tiene un área total de 31000m<sup>2</sup>. De los cuales 6481 m<sup>2</sup> representan el área operativa de la planta (Véase tabla I).

**Tabla I: Distribución de Planta**

<b>Disposición</b>	<b>m2</b>
Área del tanque de GLP	900
Área del tanque de Diesel 2	420
Área de Cisterna de Agua	2062
Área de Caseta de Máquinas	121
Área de Traslase y Patio de Maniobras	1641
Área de Oficinas y Laboratorio	96
Área de Estacionamiento	240
Pistas de Circulación	1100
<b>Total:</b>	<b>6580</b>

## Capítulo 5.

### Características de los productos almacenados

#### 5.1. Gas Licuado de Petróleo

El GLP es una mezcla predominantemente de propano y butano normal con menores cantidades de etano, etileno, propileno e isobutano. La cual es obtenida por destilación del petróleo crudo o de los líquidos del Gas Natural. En el Perú, la composición del GLP depende de la zona geográfica donde se comercialice. Así, el porcentaje de propano del GLP, es menor en los lugares de clima cálido con relación a los lugares con clima frío (Ver nexos 12.5.1 y 12.5.2)

El uso de este combustible en nuestro medio es básicamente el doméstico e industrial, siendo el automotor el sector emergente.

#### 5.2. Diesel 2

El Diesel 2 es un combustible obtenido de la fracción gas oil de destilación primaria del petróleo crudo o también a partir de los líquidos asociados del Gas Natural por fraccionamiento.

El uso del Diesel 2 en nuestro medio es principalmente orientado al parque automotor de transporte público, equipos de construcción, embarcaciones de calado menor y plantas de generación eléctrica.

Las propiedades fisicoquímicas del Diesel 2 se detallan en el anexo 12.5.3.

#### 5.3. Riesgos Potenciales

##### 5.3.1. Fugas de Gas: Nubes de Vapor, UVCE, CVCE y Deflagraciones.

Una nube de vapor explosiva puede formarse a raíz de una fuga de gas o líquido inflamable como consecuencia de la ruptura de una línea, fuga en una junta, brida o sello de válvulas.

La dispersión de la nube depende de muchos factores, tales como: la velocidad de descarga, temperatura del aire y velocidad del viento, densidad del producto, presencia de construcciones en el terreno de la planta, etc. Una vez formada la nube de

vapor, ésta puede desplazarse sobre el terreno sin arder, hasta encontrar una fuente de ignición con suficiente energía. La cual puede ser una flama de corte, soldeo, chispa eléctrica, corriente estática, superficie caliente, reacción química, colillas de cigarros, etc. Una vez encendida la nube, ésta puede arder con o sin explosión. Tomando los nombres de CVCE o UVCE, explosión de una nube de gas confinada y no confinada respectivamente. Cuando la nube de gas arde sin explosión se denomina deflagración.

Los principales daños sobre el entorno son causados básicamente por: la propagación de ondas de choque debido a la sobre presión generada, la radiación térmica emitida y la proyección de fragmentos que son lanzados a grandes distancias.

### **5.3.2. BLEVE's y Bolas de Fuego**

Se denomina BLEVE (Boiling liquid expanding vapor explosion), al estallido producido por el calentamiento externo de un recipiente que contiene un líquido en equilibrio con su vapor, al perder resistencia mecánica el material de las paredes bruscamente. Para que se produzca un BLEVE se deben cumplir tres condiciones: que el líquido esté en equilibrio con su vapor a presión superior a la atmosférica, que la despresurización sea brusca y que el grado de sobrecalentamiento al momento de la despresurización genere una nucleación espontánea (ver anexo 12.5.4).

Los daños causados en un BLEVE son debido a las ondas de choque que se producen al liberarse la presión interna. Así mismo, la masa de vapor liberado rápidamente se ignita y la radiación termal producida por la bola de fuego con la liberación de fragmentos a largas distancias, son los causantes de los mayores daños.

En el caso de incidencia de una llama directa sobre el tanque, como el de nuestra planta en estudio (3.66 m de diámetro), un BLEVE acontecerá a los 7.5 minutos de iniciada la incidencia de no estar refrigerado el tanque y a los 30 minutos de estar refrigerado por aspersión de agua, bajo un régimen de 10.2 lpm/m<sup>2</sup> (NFPA15, Pág. 33, versión 1996).

### **5.3.3. Derrames de combustible líquido: Incendio**

Un derrame de combustible líquido se produce por la ruptura de sellos, mal estado de bridas, ruptura de una tubería de transferencia o ruptura del recipiente que lo contiene.

En cualquiera de los casos la posibilidad de incendio es latente, de encontrarse cerca una fuente de ignición o superficie caliente. De no controlarse la fuga de combustible la situación se agrava de sobre manera, pues a mayor cantidad de combustible, mas severo será el incendio y complicada su extinción.

## Capítulo 6.

### Identificación de Riesgos

La tarea fundamental en este capítulo es identificar plenamente los riesgos en el proceso operativo y los riesgos del entorno. Para determinar los riesgos referidos al proceso operativo emplearemos el análisis HAZOP (Análisis Funcional de Operabilidad), que es una técnica deductiva para la identificación, evaluación cualitativa, prevención del riesgo potencial y evaluación de los problemas de operación derivados del funcionamiento incorrecto de un sistema. Esta técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema.

Finalmente para identificar los riesgos del entorno, es decir todo aquello que desde el exterior a la planta pueda representar una amenaza, se hará un análisis exhaustivo del entorno, pensando en todas las posibilidades existentes de peligro.

#### 6.1. Riesgos por Factores Operativos

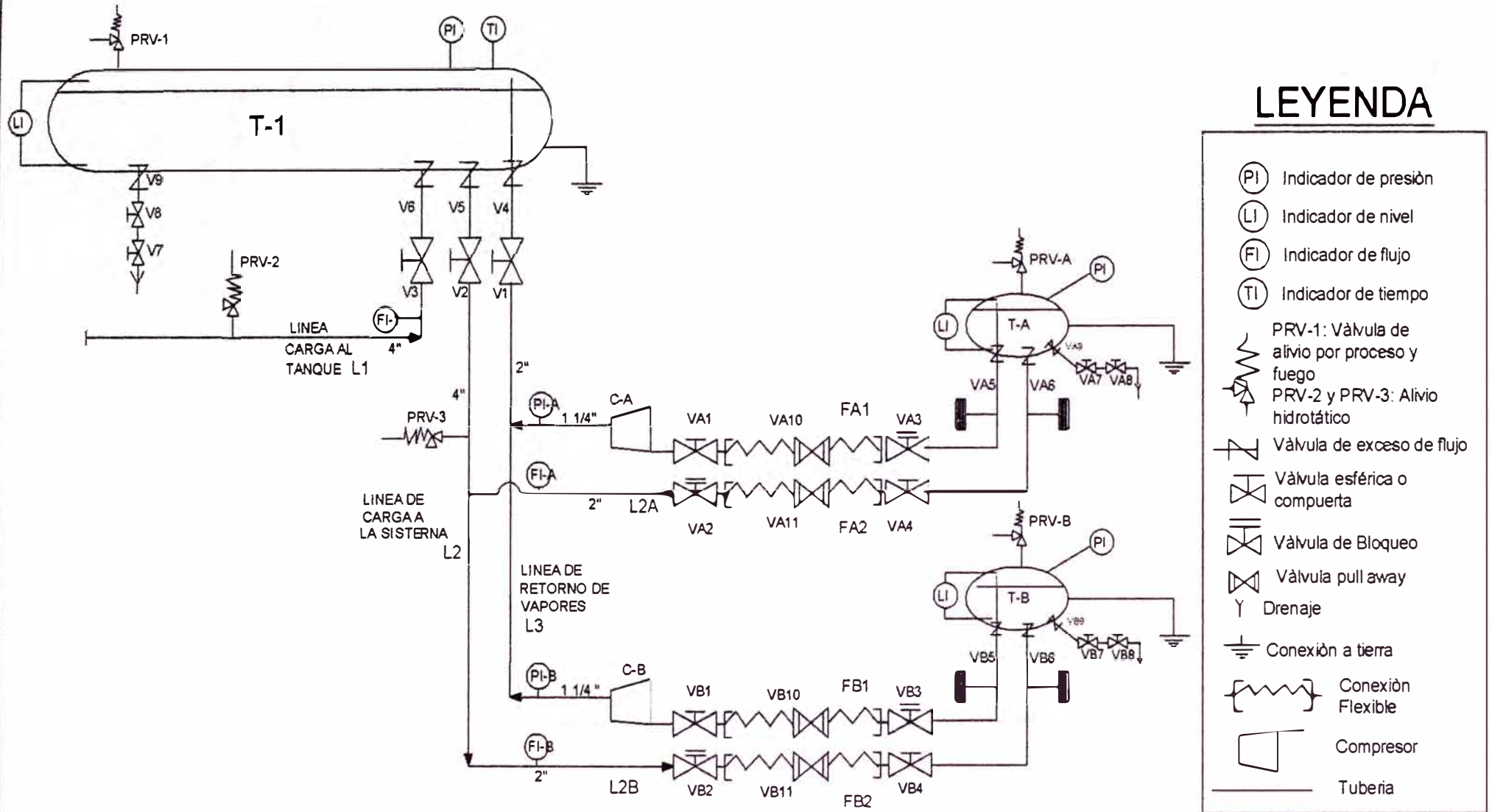
Son situaciones inseguras que podrían presentarse durante el proceso operativo. Para poder identificarlas debemos primeramente describir cada una de las operaciones en la planta. Refiérase a los diagramas del anexo 12.7.8 y 12.7.9.

##### 6.1.1. Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP.

El GLP es transferido desde la planta de fraccionamiento ubicada a 12 Km., hasta nuestra planta en estudio a través de la línea L1 de 4" de diámetro. Es almacenado en la planta en el tanque T-1 para luego ser transferido a las cisternas T-A y T-B a través de la línea L2, conforme a los requerimientos. El proceso de transferencia a las cisternas se realiza por acción de los compresores A y B que retiran el vapor de las cisternas y lo conducen al tanque T-1 a través de la línea L3, mientras que la fase líquida se desplaza llenando las cisternas. Las conexiones flexibles, líneas de proceso, accesorios e instrumentos se aprecian en la figura 2. Información referente al uso de compresores en el proceso de transferencia de GLP se puede apreciar en el anexo 12.5.7.

# Figura 2

## RECEPCIÒN , ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE GLP



### LEYENDA

- (PI) Indicador de presión
- (LI) Indicador de nivel
- (FI) Indicador de flujo
- (TI) Indicador de tiempo
- PRV-1: Válvula de alivio por proceso y fuego
- PRV-2 y PRV-3: Alivio hidrotático
- Válvula de exceso de flujo
- Válvula esférica o compuerta
- Válvula de Bloqueo
- Válvula pull away
- Y Drenaje
- Conexión a tierra
- Conexión Flexible
- Compresor
- Tubería

### 6.1.2. Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel 2.

El Diesel 2 es bombeado desde la planta de fraccionamiento hacia nuestra planta, a través de la línea L11 de 4" de diámetro. El producto se almacena en el tanque T-2 para luego ser transferido a la cisterna T-C a través de la línea L22.

La transferencia de producto hacia la cisterna se realiza por acción de la bomba B11. Las conexiones flexibles, líneas de proceso, accesorios e instrumentos se aprecian en la figura 3.

### 6.1.3. Análisis HAZOP

Las tablas de Análisis HAZOP se muestran en el anexo 12.4 y a continuación se presenta un resumen de los principales riesgos identificados:

#### 6.1.3.1. Proceso de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP

**La fuga de producto** es siempre latente por inadecuada operación o falta de mantenimiento preventivo de conexiones. Los puntos críticos de probable fuga se especifican en los cuadros del análisis HAZOP.

**La posibilidad que la nube de gas no controlada encuentre una fuente de ignición** y se produzca una explosión o deflagración es factible, si no se siguen los procedimientos para permisos de trabajo en caliente y no se restringen la actividad de motores de combustión interna en el área de transferencia de productos en la planta.

**La posibilidad que se genere un BLEVE** en la planta, tiene dos causas: por la incidencia de la llama directamente sobre la superficie del tanque de GLP o debido a que se mantenga una flama encendida en una de las conexiones del tanque. En ambos casos la superficie del tanque será recalentada hasta provocar el colapso.

**La posibilidad que se genere un conato de incendio** por corriente estática se daría por desconexión de la línea a tierra, debido a un inadecuado programa de inspección.

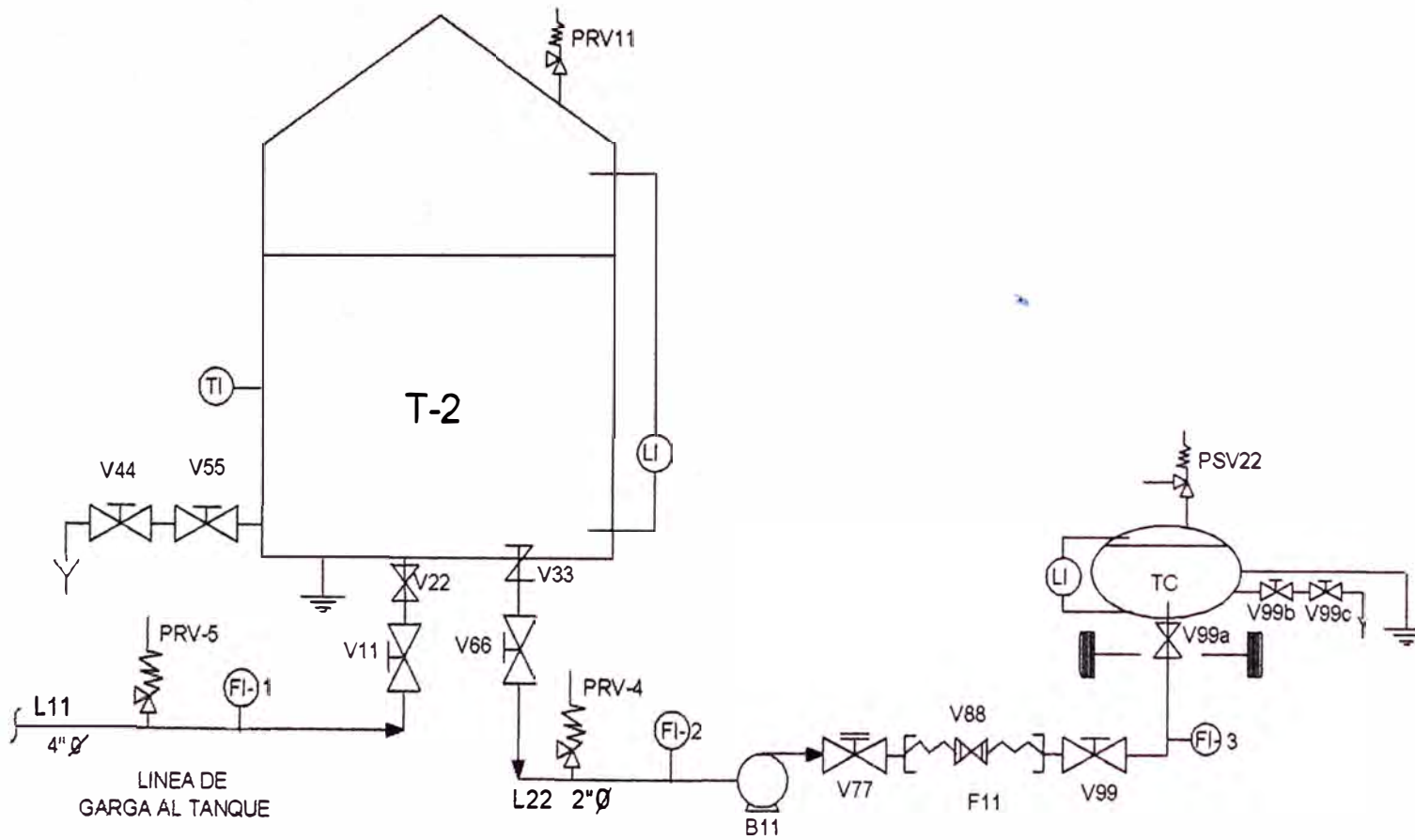
#### 6.1.3.2. Proceso de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel 2

**La fuga de producto** es debido a una inadecuada operación o falta de mantenimiento preventivo de conexiones o accesorios. Los puntos críticos de probable fuga se especifican en los cuadros HAZOP.



**Figura 3**  
**RECEPCION , ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE DIESEL2**

**LEYENDA**



- (LI) Indicador de presión
- (FI) Indicador de flujo
- (TI) Indicador de temperatura
- PRV-11 :Venteo
- PRV-3 y PRV-4 : Alivio hidrostático
- Válvula de exceso de flujo
- Válvula de bola
- Válvula de bloqueo
- Válvula de retención
- Válvula pull away
- Y Drenaje
- Conexión a tierra
- Conexión Flexible
- Bomba
- Tubería

**El tanque podría incendiarse y/o explotar** debido a un inadecuado procedimiento para hacer trabajos en caliente sobre el tanque o debido a un conato de incendio alrededor del tanque.

**La posibilidad que se genere un conato de incendio** por corriente estática se daría por desconexión de la línea a tierra, debido a inadecuado programa de inspección.

## **6.2. Riesgos por Factores de Entorno.**

Son todos aquellos factores que pudieran representar un riesgo para la planta. Se podrían clasificar en dos tipos: Factores Sociales y Factores Naturales.

### **6.2.1. Factores Sociales.**

#### **6.2.1.1. Actividad Urbana y Socio-Cultural**

No se observa centros urbanos de concentración masiva de público tales como colegios, estadios, coliseos u hoteles, en un radio de 50 metros. A una distancia de 1200m, en dirección S-E, se encuentra el poblado del Fundo San Martín de Porras.

No hay historial de actividad subversiva o para-militar que represente un riesgo para la normal actividad de la planta.

#### **6.2.1.2. Actividad Industrial**

La clasificación de la zona en estudio es rural. La única actividad industrial que se ha podido observar hasta el desarrollo del presente estudio, es la presencia de la planta de fraccionamiento de GN, ubicada en la playa de Loberías a 12 Km. de la planta en estudio. Dicha planta abastecerá a nuestra planta en estudio, de GLP y Diesel 2 a través de líneas tendidas y soterradas. Por tanto, la actividad industrial de la zona no representa riesgo para la planta.

#### **6.2.1.3. Actividad Militar**

La Base Aérea de la FAP del Grupo 9, ubicada a 14 Km., y es el único lugar donde se realizan prácticas militares y movimiento de material bélico. Sin embargo, debido a la lejanía relativa de los campos de prácticas, la actividad militar de la zona representa un riesgo tolerable para la planta.

#### **6.2.1.4. Tráfico: Aéreo, Marítimo y Terrestre.**

Debido a la distancia respecto a la planta, el tráfico aéreo-militar de la base aérea de la FAP, representa un riesgo que

hay considerarlo y poner en conocimiento de las autoridades competentes, el desarrollo del presente proyecto.

- A 389.8m de la planta se ubica el kilómetro 245 de la Carretera Panamericana Sur. El acceso a la planta es por una vía de doble tránsito de 8m de ancho. Por consiguiente, el tránsito terrestre no representa una amenaza para el desarrollo de actividades.

No existe tráfico fluvial en 12km a la redonda de la planta, por la ausencia de ríos y lagos.

## **6.2.2. Entorno Natural**

### **6.2.2.1. Geografía**

El terreno no representa riesgo de flotación, licuefacción o asentamiento como consecuencia del montaje de tanques con las capacidades diseñadas, conforme lo menciona el estudio de suelos realizado en la planta.

En el análisis estadístico de la actividad sísmica, se hallan registros de sismos en escala del 8-9 en la escala de MMI (EIA Planta). La actividad sísmica origina por la Placa de Nazca en la zona, será considerada en los factores de diseño y montaje de los tanque de almacenamiento especialmente el factor de carga cíclica.

Las características geográficas del lugar corresponden a una zona desértica, sin presencia de montañas. El paisaje es llano y sin depresiones donde podría quedar atrapado gas en caso de fuga.

No se observa presencia de ríos. Por lo que se descarta la posibilidad de inundaciones o deslizamientos.

Debido a la relativa cercanía al mar, 12km, se considerará en los factores de diseño de los cimientos de tanques, el riesgo por flotación en un eventual maremoto.

No hay presencia de bosques o algún tipo de flora que represente una amenaza para la planta. No se registra historial de incendio forestal.

### **6.2.2.2. Clima**

El clima de la zona es típico de la costa con humedad alta 60-90% y alta concentración de sales. Por lo que se deberá tener especial consideración en proteger las instalaciones metálicas con recubrimientos para uso en ambientes marinos o costeros.

La temperatura del aire en el verano está en el rango de 31.9-15.8°C. Mientras que la temperatura en invierno se encuentra entre 23.8 -12.7°C.

Las precipitaciones en el año fluctúan entre 0.09-0.60 mm/m<sup>2</sup>. Sólo se registraron 12.3 mm/m<sup>2</sup> en el año 1952.

Los vientos predominantes en la zona, según la estación de SENAMHI de Pisco provienen del S y S-O, siendo las

velocidades fluctuantes entre 1.1 – 11.10 m/s y la velocidad promedio es de 4.25 m/s. Ver anexo 12.5.8.

En términos generales las variables climatológicas no representan una amenaza para las actividades de la planta.

## Capítulo 7.

### Evaluación del Riesgo

En este capítulo evaluaremos el nivel de gravedad de cada uno de los riesgos identificados en la planta. Para lo cual, se hará una determinación previa y luego una simulación de daños.

#### 7.1. Determinación del Nivel de Riesgo

Para determinar el nivel de gravedad emplearemos la matriz bidimensional de riesgos que se muestra a continuación (Castellanos 95). En el anexo 12.2.6 se explica con mayor detalle el método.

**Tabla II: Matriz Bidimensional de Riesgos**

Severidad	Catastrófico	3	4	Inaceptable
	Extensivo	2	3	4
	Serio	1	2	3
	Bajo	-	1	2
		Bajo	Medio	Alto
		Probabilidad		

El nivel de gravedad obtenido por cada riesgo identificado se muestra en la tabla IV de la página siguiente y las acciones a tomar según el nivel de riesgo se describen en la tabla III.

**Tabla III: Acciones a tomar debido al nivel de Riesgo**

Nivel	Acción
4	Deberá de controlarse inmediatamente
3	Podrá ser tratados a corto o mediano plazo
2	Requiere control a mediano o largo plazo
1	Puede requerir control a mediano o largo plazo

Tabla IV: Determinación del Nivel de Riesgo

Detalle	S	P	N
<b>Riesgos de Proceso</b>			
<b>1.- Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP</b>			
1.1. Fuga de Producto	Extensivo	Alta	4
1.2. Deflagración y/o Explosión	Extensivo	Media	3
1.3. Generación de BLEVE	Catastrófico	Bajo	3
1.4. Incendio por Corriente estática	Extensivo	Bajo	2
<b>2.- Recepción, Almacenamiento y Transferencia de D2</b>			
2.1. Fuga de producto	Extensivo	Alto	4
2.2. Atmósfera explosiva y Deflagración	Extensivo	Bajo	2
2.3. Incendio y explosión del Tanque	Extensivo	Bajo	2
2.4. Incendio por Corriente Estática	Extensivo	Bajo	2
<b>Riesgos de Entorno</b>			
<b>1. Factores Social</b>			
1.1. Daño por actividad subversiva o paramilitar	Serio	Bajo	1
1.2. Daño por actividad industrial circundante	Serio	Bajo	1
1.3. Daño por tráfico aéreo, terrestre o acuático	Catastrófico	Bajo	3
1.4. Daño por actividad militar	Catastrófico	Bajo	3
<b>2. Factores Naturales</b>			
2.1. Daño por actividad sísmica	Serio	Alto	3
2.2. Daño por aludes	Serio	Bajo	1
2.3. Daño por inundaciones de ríos	Serio	Bajo	1
2.4. Daño por incendios forestales	Serio	Bajo	1
2.5. Daño por corrosión atmosférica	Serio	Moderado	2
2.6. Daño por alta temperatura	Serio	Bajo	1
2.7. Daño por lluvias torrenciales	Serio	Bajo	1
2.8. Daño por vientos o huracanes	Serio	Bajo	1

(Donde: S es severidad, P es probabilidad y N es nivel de riesgo)

## 7.2. Simulación de Riesgos

Para determinar el máximo daño que pudiera ocasionar un determinado riesgo, se hará una simulación del siniestro, empleando modelos matemáticos previamente seleccionados de la bibliografía investigada. Cabe señalar que en la mayoría de los casos, el nivel de precisión de los modelos matemáticos, fueron evaluados estadísticamente en situaciones reales y a nivel de laboratorio, tal como se aprecia en el

material científico consultado. De igual modo, se han tomado en consideración las restricciones de aplicabilidad acorde con nuestro caso.

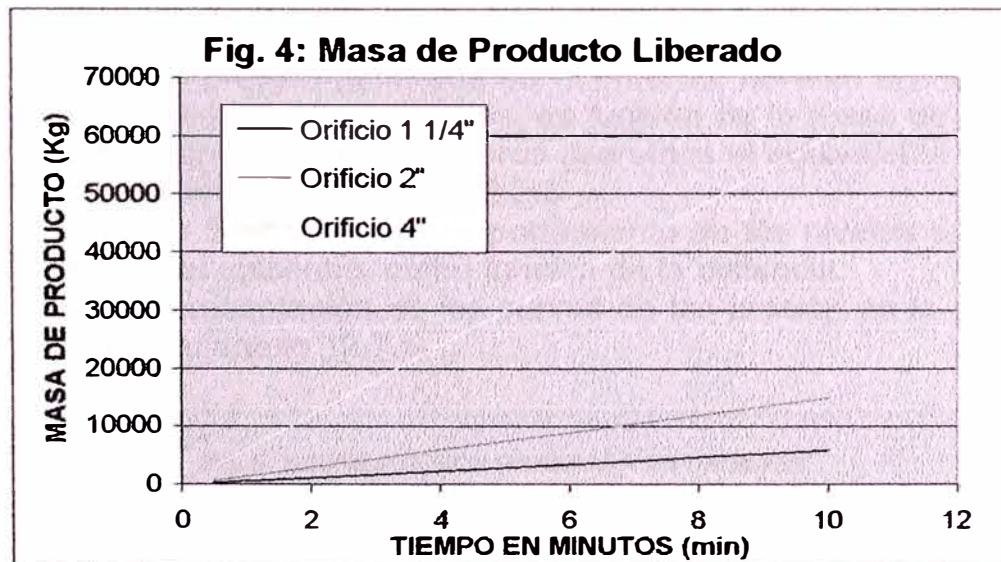
### 7.2.1. Fuga de Líquido Saturado: GLP

Para determinar la cantidad de producto liberado usaremos el modelo matemático de Brasie (136) para fluidos mixtos a través de orificios (Anexo12.2.1).

Tiempo(min)	Tubería 1 1/4"	Tubería 2"	Tubería 4"
0.5	291.77	746.94	2987.74
1	583.54	1493.87	5975.48
2	1167.09	2987.74	11950.97
3	1750.63	4481.61	17926.45
4	2334.17	5975.48	23901.93
5	2917.72	7469.35	29877.42
6	3501.26	8963.23	35852.90
7	4084.80	10457.10	41828.39
8	4668.35	11950.97	47803.87
9	5251.89	13444.84	53779.35
10	5835.43	14938.71	59754.84

La metodología de cálculo y datos se aprecian en el anexo 12.3.1.

La siguiente figura, es la representación gráfica de la tabla mostrada anteriormente.



Los resultados muestran que una fuga de 10 minutos, podría liberar aproximadamente 6 toneladas de producto en una tubería de 1 1/4", que es el diámetro de la línea de purga. Mientras que una fuga en la línea de transferencia de 2", liberaría en 10 minutos, 15 toneladas de producto.

### 7.2.2. Dispersión Gaseosa: Nube de Vapor

La dispersión de gases lo evaluaremos mediante el modelo matemático de Pasquill-Gifford (Anexo 12.2.2). Las consideraciones y los datos de ingreso en el modelo matemático, se aprecian en la sección 12.3.2.

A continuación se muestra las dimensiones que toma la nube de vapor para las velocidades del viento observadas en la zona y caudales de fuga de producto en según los diámetros de tuberías:

**Tabla VI: Tamaño de la Nube de Vapor**

Para $U_v$ :	Velocidad del Viento (Mínima: 1.1 m/s)			Velocidad del Viento (Promedio: 4.25 m/s)			Velocidad del Viento (Máxima: 11.1m/s)		
	1 1/4"	2"	4"	1 1/4"	2"	4"	1 1/4"	2"	4"
<b>Fuga en:</b>	1 1/4"	2"	4"	1 1/4"	2"	4"	1 1/4"	2"	4"
<b>X L (m) :</b>	43.86	75.74	169.57	19.99	34.52	77.28	11.44	19.75	44.22
<b>X U (m) :</b>	17.53	30.27	67.77	7.99	13.80	30.89	4.57	7.90	17.68

Donde: **X L**: Alcance de la nube de vapor (Perímetro externo); **X U**: Alcance de la nube de vapor (Perímetro interno).

En la figura 6 de la página siguiente, se puede observar que la nube de vapor tiende a dispersarse en su mayor amplitud, a mayor caudal de fuga de producto y a bajas velocidades del viento.

Una representación gráfica del alcance máximo de la nube de vapor, considerando la dirección de los vientos, se aprecia en el esquema del anexo 12.7.4.

### 7.2.3. Sobre Presión Generada en un BLEVE

La sobre presión generada en el entorno, durante una explosión de una cantidad de combustible, es función de la masa de producto envuelta. Para calcular los valores usaremos el equivalente en masa de TNT de acuerdo al anexo 12.2.3.

La figura 5 muestra el comportamiento de los niveles de presión alrededor del epicentro, como función de la distancia.

Una representación de las curvas de Iso-presión en la planta se aprecia en el anexo 12.7.5.

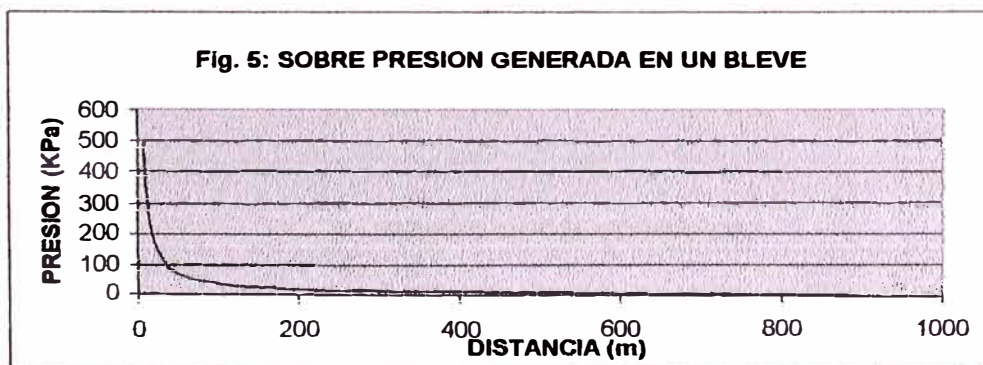
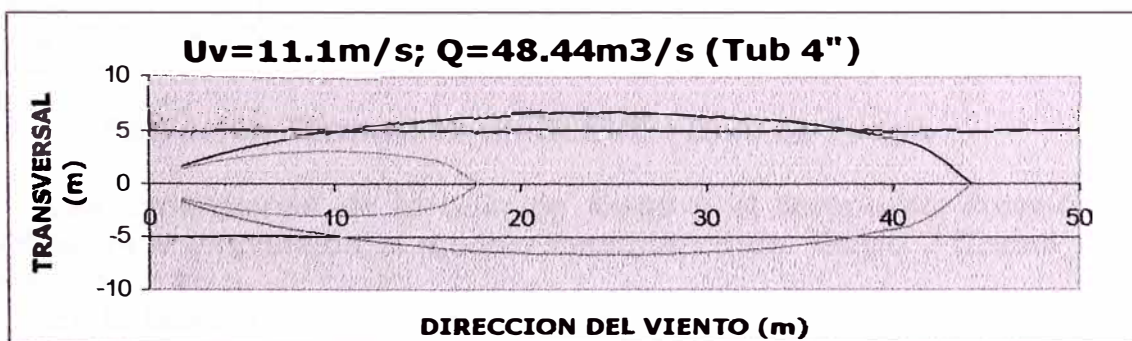
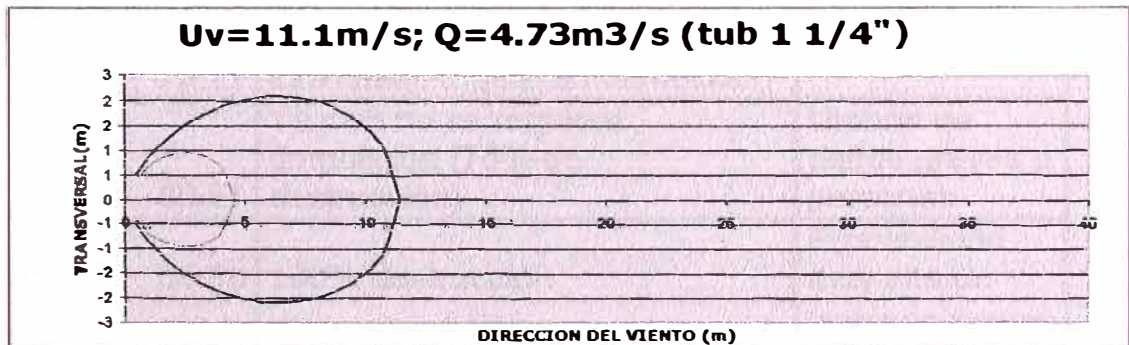
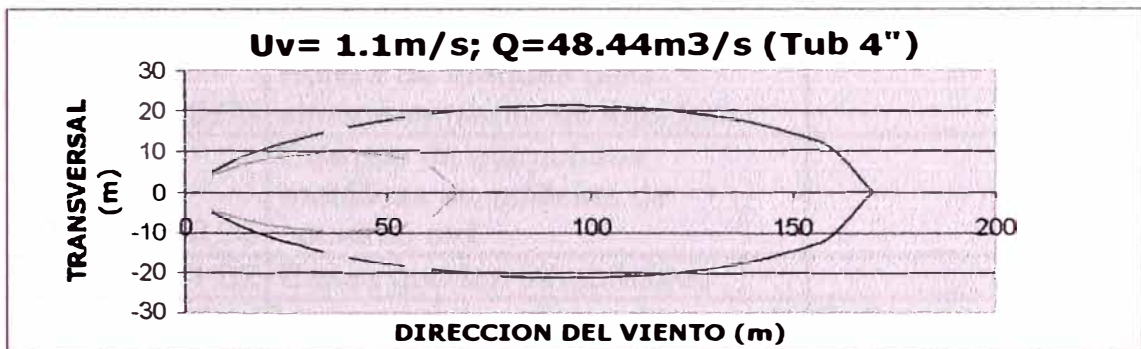
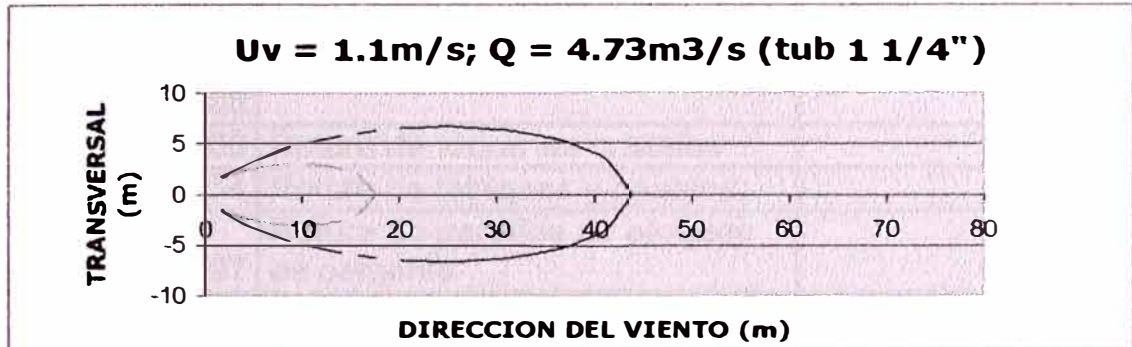




Fig. 6: Dimensiones de la nube de vapor



**Tabla VII: Efecto de la Sobre presión como función de la distancia**

<b>P (Kpa)</b>	<b>d (m)</b>	<b>Daños Materiales</b>	<b>Daños Personales</b>
1	3535.53	Rotura de algún crystal	—
4	883.88		
7	505.08	Rotura de todos los cristales	—
14	252.54	Rotura de tabiques y paneles	—
16	220.97	Rotura de paredes de bloques de cemento	—
17	207.97	Colapso parcial de estructuras de hormigón (40-60cm esp.)	Rotura de tímpanos
20	176.78	destrucción total de viviendas ordinarias	—
21	168.36	Rotura de tanques para almacenamiento de líquidos.	—
27	130.95	Colapso de estructuras metálicas en edificios de construc ord.	—
35	101.02	Casas quedan inhabitables	—
43	82.22		Daños Pulmonares
47	75.22	Vuelco de vagones de ferrocarril	significativos a personas
50	70.71	Rotura de paredes de ladrillo. Las casas requieren demolición	
70	50.51	Ya casi no se requiere domolición (75% de destrucción)	Umbral de daños graves a personas
100	35.36	100% destrucción	Probabilidad muy alta de
200	17.68		lesiones graves a personas
329	10.75		Mortalidad: 1%
409	8.64		Mortalidad:50%
500	7.07		Mortalidad:99%

#### **7.2.4. Radiación Térmica en un BLEVE : Bola de Fuego**

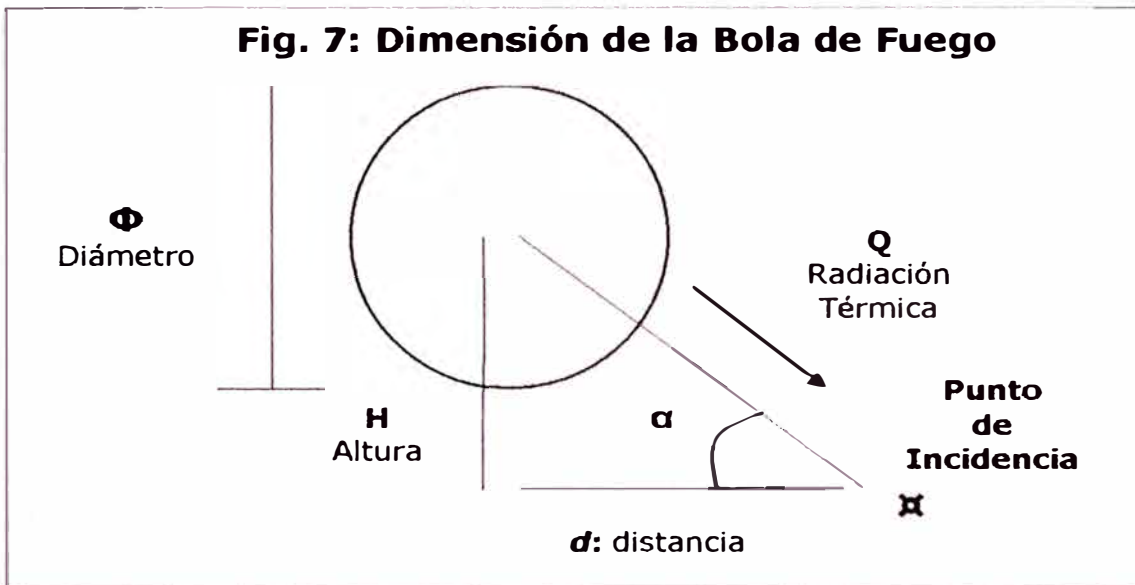
Las dimensiones de la bola de fuego y el tiempo de duración lo evaluaremos empleando el modelo matemático de Gayle 2 (Casal 185) (Anexo 12.2.4).

En la tabla VIII se muestra las dimensiones de la bola de fuego de acuerdo a los cálculos realizados en la sección 12.3.4.

Tabla VIII: Bola de Fuego

Diámetro (m)	316.00
Duración (seg)	25.31
Altura (m)	237.00

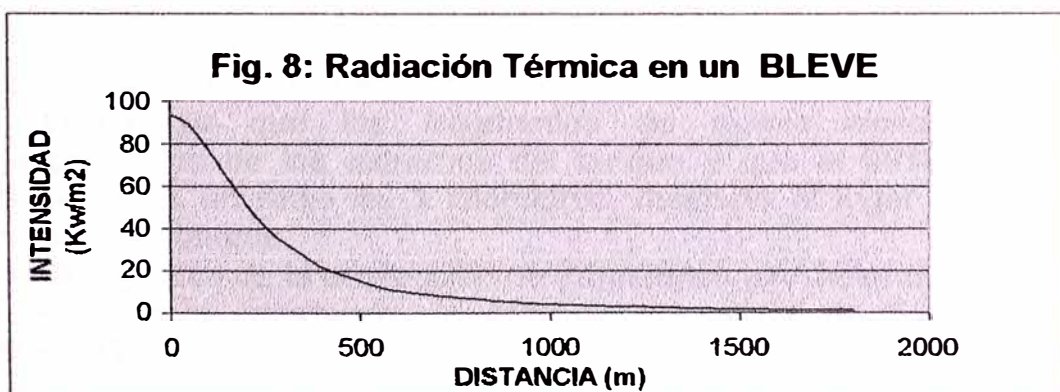
La figura siguiente muestra un esquema de las dimensiones de la bola de fuego y las consideraciones respecto al ángulo de incidencia de la radiación sobre un punto determinado en los alrededores.



Para determinar la intensidad de calor generada, emplearemos el modelo matemático de la intensidad calórica, afectada por la transmisividad ambiental, poder emisivo y el factor de vista (Anexo 12.2.4).

En la tabla IX se muestra los valores de la intensidad de calor emitida a diferentes distancias respecto de la bola de fuego. Notar que la distancia referida en esta figura es la distancia  $d$  referida en el gráfico anterior.

Una representación gráfica de las curvas de Iso-radiación en la planta se muestra en el esquema del anexo 12.7.6.



**Tabla IX: Efecto de la Radiación térmica en función de la distancia.**

<b>d (m)</b>	<b>Intensidad (Kw/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Efectos sobre las personas y Daños Materiales</b>
5	93.34	Incineración total
50	88.90	
<b>100</b>	77.67	
200	51.42	
250	40.92	Pérdida de resistencia del acero no protegido y colapso de estructuras no ligeras
260	39.09	
280	35.72	Estructuras ligeras, tanques de almacenamiento y otros
390	22.35	elementos de equipo ligero no protegido pueden fallar
400	21.48	Ignición de la madera, fusión de recubrimientos
<b>550</b>	12.53	Plásticos
650	9.23	Descomposición de la Madera
900	4.93	Dolor: Quemaduras de 1° Grado por exposición de 30seg.
<b>1000</b>	4.00	Aparición de ampollas: exposición de 30 seg
1400	2.03	Dolor: Por exposición de 60seg
<b>1500</b>	1.76	Umbral de sensación dolorosa
1700	1.36	Intensidad segura para personas sin protección
1800	1.21	Equivalente a la radiación solar: verano al medio día

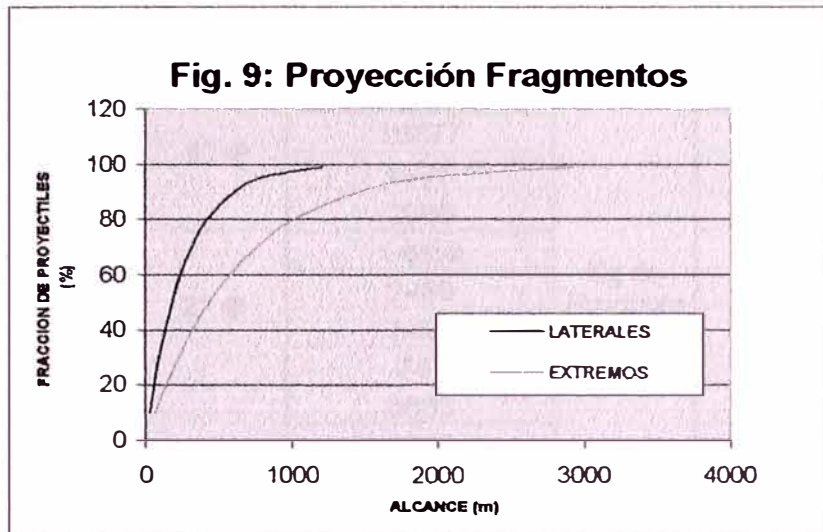
### **7.2.5. Proyección de Fragmentos en un BLEVE**

Para determinar las distancias a las cuales llegarían los fragmentos del tanque, en un eventual BLEVE, emplearemos las ecuaciones normalizadas de Birk (Ver anexo 12.2.5).

La figura 9 muestra el alcance de los fragmentos laterales y extremos del tanque luego del BLEVE.

Obsérvese que los fragmentos de mayor alcance son los desprendidos de los extremos del tanque y que el 99% de ellos se dispersa en un radio de 3 kilómetros, respecto al lugar de ubicación original del tanque.

Una gráfica de la proyección de fragmentos alrededor de la planta en función de la orientación del tanque, se aprecia en el esquema del anexo 12.7.7.



**Tabla X: Proyección de Fragmentos**

Fracción (%)	ALCANCE DE LOS FRAGMENTOS (m)	
	Laterales	Extremos
99	1213	2910
95	789	1893
90	606	1455
80	424	1017
70	317	761
60	241	579
50	183	438
40	135	323
30	94	225
20	59	141
10	28	67

Tabla XI: Resumen de Consecuencias

SUCESO	PARÁMETRO / CONDICIÓN		ALCANCE / DIMENSIÓN		EFECTO / COMENTARIO	
FUGA DE LÍQUIDO SATURADO	Tiempo (minut.)		Fuga:		Kg de Producto	
		10.00	4" Ø	59755		
		5.00		29877		
		1.00		5976		
		0.50		2988		
		10.00	2" Ø	14939		
		5.00		7469		
		1.00		1494		
		0.50		747		
		10.00	1 1/4" Ø	5835		
		5.00		2918		
		1.00		584		
		0.50		292		
DISPERSIÓN GASEOSA	Velocidad del viento (m/s)		Fuga:		Metros	
		1.10	4" Ø	LII		LSI
			2" Ø	170		68
			1 1/4" Ø	76		30
		4.25	4" Ø	44		18
			2" Ø	77		31
			1 1/4" Ø	35		14
		11.10	4" Ø	20		8
			2" Ø	44		18
			1 1/4" Ø	20		8
SOBRE PRESIÓN EN UN BLEVE	Presión (Kpa)	1	3535		Metros	
		16	252			
		35	101			
		43	82			
		200	18			
		329	11			
		500	7			
RADIACIÓN EN UN BLEVE	Tiempo (seg.) BOLA DE FUEGO	25.31	Altura	237	Metros	
			Diámetro	316		
	Calor (Kw/m2)	1.21	1800			
		1.76	1500			
		4.00	1000			
		54.93	900			
		12.53	550			
		39.09	260			
		51.42	200			
					Rotura de paredes de concret/rotura de timpanos	
					Casas deshabilitadas	
					Daños Pulmonares	
					Destrucción total	
					Mortalidad 1%	
					Mortalidad 99%	
					Equivalenta a la radiac. solar	
					Umbral de sensac. dolorosa	
					Aparición de ampollas	
					Quemaduras de 1º	
					Ignición de la madera	
					Pérdida de resist. del acero	
					Incineración total	

PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS EN UN BLEVE	Porcent. (%)		Laterales	Extremos	Metros	
		99.00	1213	2910		
		80.00	424	1017		
		60.00	241	579		
		50.00	183	438		
		30.00	94	225		
		20.00	59	141		
		10.00	28	67		

## Capítulo 8.

### Admisibilidad del Riesgo

Luego de identificar los riesgos y haber valorado el potencial de daño de los mismos, nuestra siguiente tarea será llevar a la planta a un nivel tolerable de riesgo, mediante el diseño de un Sistema de Prevención de Pérdidas en base a los resultados del Análisis de Riesgo, así como de criterios legales y técnicos normativos.

#### 8.1. Recomendaciones del análisis HAZOP

Las tablas del análisis HAZOP se muestran en el anexo 12.4 y a continuación se presenta un resumen de las recomendaciones dicho análisis.

##### 8.1.1. En el Proceso de Transferencia de GLP

Instalación de dos detectores continuos de gases en la zona de tanque de GLP, ubicados de acuerdo a la dirección de vientos en el S-E y N-O.

Monitorear las operaciones de transferencia con detectores portátiles de atmósfera explosiva.

Instalación de válvulas de bloqueo Shut-Off automática y manual, de acción remota y en el sitio. Estas válvulas deberán ser: VA2 y VB2. Las válvulas VA5 y VB5 deberán ser de excesos de flujo. Como medida de seguridad toda conexión de salida de los tanques deberán tener válvulas de exceso de flujo tal como se aprecia en los diagramas del proceso (Anexo 12.7.8).

Instalación de monitores contra incendio con alcance para nebulizar la zona en caso se produzca una nube de vapor. El régimen de agua en este caso será como mínimo de 5 lpm/m<sup>2</sup>.

Instalación de un sistema de refrigeración del tanque de GLP bajo un régimen de 10.2 lpm/m<sup>2</sup>. activado automáticamente por sensores de temperatura. De igual modo diseñar un sistema de aspersión parcial para el tope de los tanques cisterna y un sistema de monitores contra incendio que complementen el enfriamiento en caso se requiera.

Instalar líneas de conexión a tierra en el tanque T1 y las cisternas T-A y T-B.



Implementar un programa de mantenimiento preventivo de accesorios, tuberías, compresores y válvulas.  
Señalización de seguridad en la zona.

### **8.1.2. En el Proceso de Transferencia de Diesel 2**

Instalación de monitores contra incendio con alcance próxima a la zona del tanque.

Instalación de un Sistema de Espuma en la parte superior del tanque, bajo un régimen de 6.5 lpm/m<sup>2</sup>. activado automáticamente por sensores de temperatura.

Instalar líneas de conexión a tierra en el tanque T2 y la cisterna T-C.

Instalar una válvula Shut-Off de acción manual y automática remota y en el sitio. Esta válvula deberá ser V22 en el diagrama del proceso. El resto de conexiones de salida del tanque y camión cisterna deberán estar provistas de válvulas de exceso de flujo (Anexo 12.7.9).

Implementar un programa de mantenimiento preventivo de accesorios, tuberías, interior del tanque, bomba y válvulas.

Señalización de seguridad en la zona.

Monitorear las operaciones de transferencia con detectores portátiles de atmósferas explosivas.

Implantar procedimientos para permisos de trabajo en caliente.

Deberá existir una comunicación permanente vía radio, entre el personal encargado de realizar la transferencia.

## **8.2. Criterios Legales y Técnico normativos**

El fundamento legal y técnico vigente, sobre el cual será diseñado el Sistema para la Prevención de Pérdidas de la planta, es el siguiente:

D.S.Nº 052-93-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

D.S.Nº 053-93-EM: Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos Derivados de los Hidrocarburos.

D.S.Nº 01-94-EM: Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo.

Normas NFPA: 10,13, 15, 20, 24, 58 y 70.

Normas API 650.

Normas ASME Sec VIII, Div I.

### **8.2.1. Prevención en el Proceso y su Control**

#### **8.2.1.1. Diseño de Tanques**

Las consideraciones de diseño para los tanques atmosféricos, tales como, la selección del material, cantidad de accesorios y conexiones, tipo de soldaduras en las uniones y pruebas pre-operativas, se deberán ajustar a la norma API 650. De igual modo,

para la instalación se deberá tomar en consideración la capacidad portante del suelo, riesgo de flotación, factor sísmico, asentamientos totales y diferenciales, conforme lo establece los Arts.: 34°, 41° y 42° del D.S.N° 052-93-EM.

Por otro lado, las consideraciones de diseño de los recipientes horizontales a presión, tales como selección del material, cantidad de accesorios, soldadura de uniones, factores mecánicos de las cargas cíclicas, condiciones de pandeo local, esfuerzos de corte y flexión circunferencial, se deberán ajustar a la norma ASME Sec. VIII, Div. 1. Del mismo modo, previa a la instalación, las dimensiones y profundidad de las cimentaciones, deberán ser diseñadas de modo tal que limiten los asentamientos del tanque y se prevengan esfuerzos de las tuberías conectadas al tanque, conforme lo señala los Arts.: 34, 35 y 44° del D.S.N° 052-93-EM.

#### **8.2.1.2. Válvulas de Alivio y de Seguridad.**

En los recipientes a presión y tanques atmosféricos, se deberá instalar válvulas de alivio o venteo por operación, como señala el artículo 37° del D.S.N° 052-93-EM. De igual modo, se instalarán válvulas y/o dispositivos de seguridad, que permitan liberar la presión interna debido a la exposición del tanque al fuego, como lo recomienda los Arts.: 37° y 38° del D.S.N° 052-93-EM.

#### **8.2.1.3. Válvulas de Bloqueo**

Se deberá instalar válvulas de bloqueo para detener el flujo de combustible en caso de una eventual fuga no controlada. Conforme lo recomendado por la NFPA 58 y los Arts.: 36° y 60° del D.S.N° 052-93-EM.

#### **8.2.1.4. Detección de Fugas**

Se deberá instalar detectores de fuga y atmósferas explosivas interconectados con a las alarmas. Conforme lo estipulado en los Arts.: 36° y 60° del D.S.N° 052-93-EM.

#### **8.2.1.5. Alarmas de Emergencia**

Se deberá instalar dispositivos de alerta como alarmas, para detectar situaciones de emergencia como fuego, derrames o rebose de tanques. Conforme lo establecen los Arts.: 36°, 60° y 95° del D.S.N° 052-93-EM.

#### **8.2.1.6. Sistema Eléctrico**

El sistema eléctrico de la planta deberá ser a prueba de explosión en las zonas previamente clasificadas. De igual modo los tanques deberán estar provistos de conexiones a tierra, para

descargar la corriente estática. Conforme lo establecen los Arts.: 50° al 59° del D.S.N° 052-93-EM y el Art.: 38° del D.S.N° 053-93-EM.

## **8.2.2. Prevención Pasiva de Pérdidas**

### **8.2.2.1. Muros de Contención y Áreas Estancas**

Los muros de contención y áreas estancas alrededor de los tanques, deberán ser diseñados con capacidad de contención de modo tal que albergue como mínimo el 110% del volumen del tanque. Se deberá tomar en consideración las características dimensionales y tipo de material a utilizarse, conforme lo establecen los Arts.: 39 y 40 del D.S.N° 052-93-EM.

### **8.2.2.2. Vías de Acceso y Evacuación**

Las vías de acceso internas respecto a las oficinas, tanques, puntos de carga, etc., deberán ser diseñadas de modo tal que permita el fácil acceso y cómoda circulación de vehículos y peatones, tanto en situaciones normales como en caso de emergencia. Las vías de acceso principales deben tener dos canales de tráfico y las secundarias pueden tener un solo canal con ensanche que permita el cruce de vehículos.

De igual modo, se deberá construir vías perimétricas en las instalaciones de almacenamiento que permita la vigilancia diurna y nocturna, conforme lo establecen los Arts.: 30, 32 y 61 del D.S.N° 052-93-EM.

### **8.2.2.3. Ubicación de Tanques**

El arreglo y distribución de tanques atmosféricos dentro de la planta, deberá ser tal que permita la fácil disipación de los vapores de combustible en la atmósfera en caso de fuga. De igual modo, consideraciones de seguridad en caso de fuego y explosión deberán tomarse en cuenta, para su orientación y ubicación en la planta, conforme lo recomienda los artículos 28, 29 y 31 del D.S.N° 052-93-EM.

### **8.2.2.4. Distancias Mínimas**

Las distancias mínimas entre unidades de proceso, tanques, perímetro de planta, líneas eléctricas e instalaciones civiles dentro de la planta, deberá regirse conforme lo indicado en las tablas de distancias permisibles de acuerdo a los Arts.:25 al 30 del D.S.N° 052-93-EM y la NFPA 58.

### **8.2.2.5. Señalización.**

La rotulación de los tanques, la colocación de carteles de seguridad y la señalización orientativa dentro de la planta, deberá

ser diseñado conforme los Arts.: 85, 106 y 107 del D.S.Nº 052-93-EM.

#### **8.2.2.6. Protección Ignífuga y por Explosión**

Los soportes estructurales de los tanques de GLP deberán tener una protección ignífuga diseñada para mantener su integridad por exposición al fuego directo por espacio mínimo de 1 ½ hr. De igual modo, los edificios serán construidos de material incombustible, conforme lo señala los Arts.:31 y 103 del D.S.Nº 052-93-EM.

Se considerará en el diseño de las estructuras civiles del interior de la planta, el factor de la honda de presión por explosión, a fin de atenuar el efecto destructivo sobre éstas.

### **8.2.3. Prevención Activa de Pérdidas**

#### **8.2.3.1. Elementos de Primera línea**

Se instalarán Detectores Continuos de Gases, Sensores de Temperatura, Sirenas interconectadas con los sistemas de medición de rebose y sensores de temperatura. De igual modo, se proveerá de Extintores portátiles y rodantes, en número y ubicación, conforme lo recomendado en los Arts.:84 y 95 del D.S.Nº 052-93-EM; Art.28 del D.S.Nº 01-94-EM; Art.35 del D.S.Nº 053-93-EM y NFPA 10, 13 y 15.

#### **8.2.3.2. Sistema de Enfriamiento del Tanque de GLP**

El sistema de enfriamiento de tanques deberá ser diseñado de modo tal que garantice como mínimo un régimen de 10.2 lpm/m<sup>2</sup> de aspersión directa de agua por un periodo de 4 horas, conforme lo recomendado en los Art.: 84, 86 y 101 del D.S.Nº 052-93-EM; NFPA 13 y 15.

#### **8.2.3.3. Sistema de Espuma**

El sistema de aplicación de espuma deberá ser diseñado de modo tal que garantice la aplicación de la solución espumógena, agua mas concentrado, como mínimo bajo un régimen de 6.5 lpm/m<sup>2</sup> y por un periodo no menor a 50 minutos, conforme lo establece los Arts.: 90 y 91 del D.S.Nº 052-93-EM y la NFPA 11.

#### **8.2.3.4. Red de Agua Contra Incendio.**

La Red de Agua Contra Incendio y la reserva de agua deberá ser diseñada de modo tal que permita el servicio, en condiciones de mayor riesgo por un periodo de 4 horas con autoabastecimiento de agua. De igual modo, deberán tomarse en consideración las

recomendaciones para su instalación conforme lo establecido en los Arts.: 88, 89, 98, 99 y 100 del D.S. 052-93-EM; NFPA 20 y 24.

**8.2.3.5. Plan de Contingencias y Brigadas de Emergencia.**

Se deberá establecer un plan de lucha contra cualquier emergencia que podría presentarse en la planta. La organización de lucha contra emergencias, deberá estar conformado por el personal de la planta, al cual se delegará funciones específicas durante y después de la emergencia, conforme lo establecido en los Arts.: 94 y 95 del D.S.Nº 052-93-EM.

## Capítulo 9.

### Diseño del Sistema Integral de Prevención

El Sistema para la Prevención de Pérdidas del proyecto ha sido diseñado tomando en consideración las recomendaciones del Análisis de Riesgos, los requerimientos de la Reglamentación Técnica legal vigente y Criterios de Diseño para Sistemas de Seguridad asimilados en el campo y recopilados de la bibliografía adjunta.

El Sistema para la Prevención de Pérdidas de la planta es un sistema integral y abarca el conjunto de medidas de Prevención en el Proceso, medidas de Prevención Pasiva y medidas de Prevención Activa que a continuación pasaremos a describir. El conjunto de medidas tomadas, se aprecian en el plano del Sistema de Seguridad Integral (Anexo 12.8.4).

#### 9.1. Prevención en el Proceso y su Control

Son todas aquellas medidas de seguridad que se toman para el diseño de las unidades del proceso. Parte de estas medidas son reguladas por los estándares de ingeniería y parte son el resultado del Estudio de Riesgo previamente elaborado.

##### 9.1.1. Diseño de Tanques

El tanque que almacenará GLP será un recipiente alargado de 100000 gl de capacidad y será construido en los talleres del fabricante. Su diseño se ajusta íntegramente al estándar ASME SEC VII, Div.1, para la Construcción de Recipientes a Presión. En el diseño mecánico, además de las consideraciones propias de operación y sus pruebas respectivas, se tomarán en cuenta factores de cargas cíclicas, las originadas por la instalación y las originadas por sismos. De igual modo, consideraciones de pandeo local, flexión circunferencial y esfuerzos de corte. Todos estos factores en función a las dimensiones del tanque, tal como se aprecia en el manual de especificaciones del fabricante, Trinity Industries Inc (Ver anexo 12.6.3).

Para el diseño de soportes, anclajes y cimientos del recipiente a presión, se considerarán las características y estructura de los suelos, factores de carga con producto lleno, factores de carga por viento, sismos y flotación hidrostática, en caso exista un eventual

maremoto por su cercanía al mar. Conforme se aprecia en la información referida al estudio de suelos y el manual de especificaciones del fabricante (Ver anexos: 12.5.6 y 12.6.3)

El tanque atmosférico para el almacenamiento de Diesel 2 se construirá íntegramente conforme al estándar API 650. El tanque será construido en la planta, sobre cimientos de concreto reforzado. Tendrá tres anillos y será de techo fijo. Se instalará dos entradas de hombre, en un costado y otra en la parte superior para inspección. Tendrá las conexiones respectivas para la transferencia de producto y accesorios para mediciones de nivel, temperatura y flujo. Previa a la operación, se llevarán a cabo pruebas hidrostáticas y de verificación del funcionamiento de accesorios.

En el diseño mecánico del tanque y cimientos, se considerará de igual modo, factores referidos a las cargas de operación, prueba, viento, sismo y característica de los suelos, conforme se aprecia en la propuesta técnica del fabricante. (Ver especificaciones del tanque, anexo 12.6.4).

### 9.1.2. Válvulas de Alivio y de Seguridad

Conforme al estándar ASME Sec VIII, Div I, el tanque que almacenará GLP, estará provisto de una válvula de alivio de comportamiento dual, para la liberación de presión interna por condiciones extremas de proceso y en caso de fuego expuesto. Su **apertura gradual** se producirá cuando la presión del tanque esté próxima a alcanzar la Presión Máxima de Servicio, 250 PSI. En cuyo valor se dará una **apertura total**, esto permitirá un desfogue de producto en condiciones extremas (Ver anexo 12.6.3).

En el tanque atmosférico que almacenará el Diesel 2, se instalará un dispositivo de venteo en el techo de modo tal que alivie las condiciones de llenado y descarga, así como las variaciones de temperatura que pueda experimentar el tanque en su servicio. Para prevenir la ruptura del cilindro en caso de exposición al fuego, se instalará una unión débil entre la plancha del techo y el cilindro, conforme lo recomendado por el artículo 37 del D.S.Nº52-93-EM.

### 9.1.3. Válvulas de Bloqueo

Se instalarán válvulas de bloqueo de flujo de acuerdo a las recomendaciones del análisis HAZOP y conforme lo establece el código NFPA 58. Como se aprecia en el diagrama de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP, esquema 12.7.8, VA2 y VB2 son las válvulas de bloqueo. De igual modo, se observa que todas las conexiones de salida del tanque tienen sus respectivas válvulas de exceso de flujo.

Con relación al sistema de Recepción, Almacenamiento y Transferencia de Diesel 2, la válvula de bloqueo de flujo viene dado por V66, como se aprecia en el diagrama del anexo 12.7.9.

Todas estas válvulas de bloqueo tendrán dispositivos de acción automática a través de un activador térmico (regulados a

121°C) y dispositivos de acción manual remota y en el sitio. Como medida de seguridad, la tubería en la que se instale la válvula de bloqueo tendrá anclaje, de modo tal que si por alguna causa se produjera una tracción excesiva, el daño que pudiera ocasionar, ocurra en la manguera con unión giratoria quedando de esta manera intacto el sistema.

#### **9.1.4. Detección de Fugas**

Se instalarán dos detectores continuos de gases en la zona del tanque de GLP, tomando en consideración el posible arrastre de la nube de vapor la corriente de los vientos que vienen del S y S-O. Estos estarán ubicados en la zona N-E y S-O del área de tanques de GLP. De igual modo, las operaciones de trasvase serán monitoreadas con detectores portátiles de atmósferas explosivas operados por personal debidamente entrenado. La ubicación de los detectores se aprecia en el plano de seguridad integral, anexo 12.8.4.

#### **9.1.5. Sistema de Alarmas**

Se instalarán alarmas para el control de nivel en cada tanque. Esto evitará el rebosamiento y el recalentamiento de compresores y/o bombas de transferencia por trabajo en vacío.

De igual modo se prevé la instalación de alarmas interconectadas a los detectores de fugas de vapor y sirenas interconectadas al sistema de detección de humos en las oficinas. La ubicación de alarmas y sirenas se puede apreciar en el plano del anexo 12.8.4

#### **9.1.6. Sistema Eléctrico a Prueba de Explosión**

La instalación del sistema eléctrico de la planta se hará de acuerdo a la clasificación de áreas explosivas normada por el Código Nacional Eléctrico NEC de la NFPA. Esto es, en las áreas de peligro de inflamabilidad, previamente identificadas en el anexo 12.8.6, se usarán equipos e instalaciones eléctricas a prueba de explosión. Se entiende como instalación eléctrica a prueba de explosión, a la que cuando existan vapores inflamables dentro y fuera de cualquier parte de ella, se comporta en forma tal que la avería de la instalación o equipo, no provoca la inflamación de los vapores existentes en el exterior.

#### **9.1.7. Conexión a Tierra**

Para eliminar el efecto perjudicial de la corriente estática, debido a la circulación de los fluidos en las tuberías y tanques, se ha previsto la instalación de conexiones a tierra de acuerdo a la NFPA 77, conforme lo exige la norma. En los diagramas del



anexo 12.7.8 y 12.7.9 se aprecian los puntos de conexión a tierra.

## **9.2. Prevención Pasiva**

Se entiende como medios de Protección Pasiva a todos aquellos medios que no dependen de activación manual o automática para su funcionamiento.

### **9.2.1. Muros de Contención y Áreas Estancas**

#### **9.2.1.1. Área del Tanque Diesel 2**

El área estanca del tanque de 60000 galones de Diesel 2, comprenderá un perímetro de 20x21m. Rodeado de un muro de contención de una altura promedio de un metro, haciendo una capacidad de contención de 420m<sup>3</sup>. Volumen de contención que representa casi el doble de la capacidad del tanque y permitirá retener todo el volumen del tanque en caso de un eventual derrame de producto.

El área estanca estará provista de cunetas y sumideros interiores que permitan el drenaje de lluvias o agua contra incendio. El flujo será controlado por válvulas en el exterior que permitan la rápida evacuación del agua del combustible que se derrame en una emergencia. Para evitar su ingreso al sistema de drenaje o cursos de agua.

Se tiene previsto la construcción de una trampa de aceite al costado de la zona e interconectada al colector de drenaje. Esto permitirá separar la fase de hidrocarburos y borra de la fase de agua. Los hidrocarburos recuperados serán almacenados en cilindros para su posterior manejo con una empresa particular debidamente autorizada.

Al área estanca circundante al tanque, se le aplicará una capa de material asfáltico, debidamente comprimido, siguiendo los estándares de ingeniería y tendrá una pendiente hacia fuera del 1 por ciento. Así mismo, para evitar alguna posible filtración de producto y contaminación de la napa freática de la zona, previa a la construcción del cimiento del tanque, se colocará en toda la superficie del área estanca una lámina de material sintético a prueba de degradación química. Similar a la tecnología usada en los grifos y estaciones de servicio.

#### **9.2.1.2. Área del Tanque de GLP**

El área estanca del tanque de 100000 galones de GLP, comprenderá un perímetro de 45x20m. Rodeado de un muro de contención de 1m metros de altura, haciendo una capacidad de contención de 900m<sup>3</sup>. Este volumen de contención cubre en exceso los requerimientos de ley.

El terreno del área estanca será afirmado y se construirá una losa de concreto reforzado, con una pendiente no menor al uno por ciento hacia los muros de contención, de modo tal que el producto no se acumule debajo del tanque o tuberías, en caso de fuga.

Será construido un sistema de drenaje que permita evacuar el agua de lluvias o de contra incendio, a base de cunetas y válvulas en el exterior. Se construirá de igual forma, una trampa, en el cause de drenaje con propósitos de separación de productos de limpieza líquidos o sólidos usados.

### **9.2.2. Vías de Acceso y Evacuación**

La vía de acceso principal de la planta será de doble canal de tráfico y tendrá un ancho de 13m. Las vías secundarias serán de un solo canal de tráfico y tendrán un ancho de 6m (Anexo 12.7.10).

Las intersecciones de las vías tendrán un ensanche respectivo para permitir el giro sin dificultad de los camiones cisterna.

Se ha previsto la construcción de veredas peatonales en las vías principales y alrededor de las oficinas administrativas.

Se ha prevista la construcción de vías de acceso y vías perimétricas a la zona de los tanques, con propósitos de inspección y vigilancia de las operaciones.

Se construirá un parqueo de camiones cisterna a 15m del área de acceso a la planta. La misma que está alejada 130 m del área de tanques.

Se instalarán luminarias a en todas las vías, para permitir la visibilidad nocturna. En la zona de tanques todas las luminarias serán a prueba de explosión.

Las rutas de evacuación de la planta serán debidamente indicada por medio de señales visuales. De acuerdo al análisis precedente, en una eventual fuga de gas, la dispersión de la nube de vapor tomaría la dirección de los vientos predominantes: S-E en las mañanas y N-O al medio día, lo cual es beneficioso ya que tiene otra dirección a la vía de acceso principal de la planta.

### **9.2.3. Ubicación Estratégica de Tanques**

Tomando en cuenta los principios de seguridad en el diseño de la planta, se diseñado la distribución interna, con la finalidad que ante una explosión, los extremos del tanque de GLP que poseen mayor energía cinética, no comprometan las áreas administrativas. Esto significa, que el eje axial del tanque esté orientado en sentido S-E. Cabe mencionar, que esta perspectiva implicó un rediseño prácticamente de toda la planta en conjunto, respecto a la concepción original que se tenía. Pues se reubicó el tanque de Diesel y se modificaron las vías de circulación interna. El detalle se aprecia en el plano de distribución interna (anexo 12.8.3.).

#### 9.2.4. Distancias Mínimas

Las distancias que a continuación se muestran, podrán verificarse en el plano del Sistema de Seguridad Integral (Anexo 12.8.4):

**Tabla XII: Matriz de Distancias Mínimas**

DESCRIPCION	PROYECTO (m)	DS 52-93 EM (m)
Recipiente a presión y linderos de la planta	41.1	38.0
Entre recipientes a presión (Proyectado)	3.7	>1.5
Tanque D2 y lindero	24.1	15.0
Recipiente a presión y tanque D2	31.9	3.5
Recipiente a presión y oficinas administrativas	111	30.0
Recipiente a presión y líneas de transmisión eléctrica (subestación eléctrica)	165 (*)	15.0
Recipientes a presión y borde de área estanca	3.5	3.0
Recipiente de GLP a las facilidades de carga/descarga	15.4	15.0

(\*)La subestación eléctrica se ubicará en la zona norte de la planta como se aprecia en el plano de 12.8.4.

#### 9.2.5. Señalización

Los dispositivos de señalización usados en la planta se muestran en el anexo 12.7.13.

Todos los tanques de combustible serán rotulados conforme a la norma NFPA 49 y la numeración UN, para su respectiva identificación. Artículo 85, D.S.N°52-93-EM.

Se marcarán en el piso y paredes las rutas de evacuación en caso de emergencia. Artículo 106, D.S.N°52-93-EM.

Se colocarán carteles visibles que orienten al personal sobre las restricciones de planta, ubicación de válvulas, interruptores, zonas y servicios. Artículo 106, D.S.N°52-93-EM.

Se colocarán en lugares estratégicos ejemplares del reglamento interno de seguridad y un directorio telefónico de notificación en caso de emergencia. Artículo 107, D.S.N°52-93-EM.

#### 9.2.6. Protección Ignífuga y por Explosión

Se ha considerado en el diseño de soportes del tanque de GLP un revestimiento con material ignífugo de las estructuras de concreto y recubrimiento con pintura ignífuga para las estructuras

metálicas que no puedan ser revestidas, con la finalidad de retardar el efecto destructivo originado por la exposición al fuego por lo menos en 1 ½ hr.

En el diseño de las estructuras civiles se ha considerado el uso de materiales incombustibles, exceptuando las puertas y ventanas. Solo se usará concreto y acero.

Para atenuar el efecto destructivo de las ondas de sobre presión, en caso se produzcan explosiones de nubes de vapor en la planta, se prevé en el diseño de las obras civiles, un sobre dimensionamiento en la resistencia de las estructuras, capaces de soportar, además de cargas sísmicas propias de la zona, ondas de sobre presión de hasta 17kpa. De igual modo, el material usado en las ventanas y tabiquería será de características tales que no permitan el desprendimiento y proyección de partículas, en caso de rompimiento. Los vidrios usados en las ventanas serán similares a los usados en los vehículos y serán reforzadas con doble lámina.

### **9.3. Prevención Activa**

#### **9.3.1. Elementos de Primera línea**

La disposición de los elementos de primera línea se aprecia en el plano del Sistema de Seguridad Integral del anexo 12.8.4 y comprende:

##### **9.3.1.1. Detectores de Fuego: Temperatura y Humo**

El sistema de enfriamiento del tanque de GLP tendrá dispositivos sensibles a la temperatura que activen el sistema de aspersión automáticamente. Este dispositivo activará el sistema a una temperatura de 70°C.

Se ha considerado instalar de igual modo detectores de humo en las oficinas administrativas y laboratorio. Debido a su mayor utilidad en ausencia de corrientes de viento.

##### **9.3.1.2. Sirenas**

Se instalarán dos sirenas en la planta para alertar al personal de un incendio y la otra para comunicar la evacuación del local. Su operación tendrá mando manual y automático interconectado con el sistema de enfriamiento del tanque de GLP.

##### **9.3.1.3. Extintores Contra Incendio**

La planta contará con 02 extintores rodantes con impulsión de nitrógeno de 150lb nominales de Polvo Químico Seco a base de bicarbonato de potasio, con certificación de extinción 320 BC. Además contará con 12 extintores portátiles de 30lb de Polvo Químico Seco también, con certificación de extinción de 120 BC.

El tipo, cantidad y distribución en la planta se ha desarrollado conforme a la NFPA 10, como lo exige la norma.

### **9.3.2. Sistema de Enfriamiento de Tanques de GLP**

#### **9.3.2.1. Área Expuesta**

Se define como área expuesta aquella que requiere refrigeración por aspersión de agua bajo un régimen de flujo de 10.2 lpm/m<sup>2</sup> (2.7 gpm/m<sup>2</sup>), conforme al artículo 100, D.S.N°52-93-EM. En el anexo 12.3.6 se puede apreciar el detalle de cálculo, cuyo valor es 432.33m<sup>2</sup> para el tanque de 100000gl y 86.24m<sup>2</sup> para el tanque cisterna de 10000gl.

#### **9.3.2.2. Rociadores**

El sistema de rociadores del tanque se elaboró en base al manual de diseño de la Viking Corporation Inc (286-289) y la norma técnica NFPA 13 y 15, conforme lo exige el artículo 97, D.S.N°52-93-EM. Siendo la cantidad de rociadores requerida de 52 unidades de 120° de ángulo de rociado para el tanque de 100000 gl y 24 unidades de 90° de ángulo de rociado para una cisterna de 10000gl. El método de cálculo se aprecia en el anexo 12.3.7

Cabe mencionar que por no ser las cisternas instalaciones fijas, se ha diseñado un sistema de rociado parcial sobre los domos a base de aspersores y se complementará el enfriamiento con chorros de agua directos desde los monitores, como se aprecia en los esquemas de los anexos 12.8.4 y 12.8.5.

### **9.3.3. Sistema de Espuma para el Tanque Diesel 2**

Se instalará un sistema de espuma con una cámara de descarga en el tanque de Diesel 2. El régimen de aplicación de la mezcla no será menor a 6.5 lpm/m<sup>2</sup> (1.72 gpm/m<sup>2</sup>), siendo la cantidad de agente espumógeno de 6%, conforme lo establece la NFPA 11. Bajo este requerimiento y considerando que la superficie del tanque es de 38.5m<sup>2</sup>, la cantidad de agente consumido por hora será de 238 gl. Sin embargo, por razones de seguridad se almacenará 1000 gl de agente en la planta. Las consideraciones de diseño se aprecian en el esquema 12.7.11.

### **9.3.4. Red de Agua Contra Incendio**

La Red de Agua Contra Incendio ha sido diseñada en base a la norma NFPA 20, 22 y 24, conforme lo exige artículos del 95 al 104 del D.S.N°52-93-EM.

El sistema está diseñado de tal manera que permita cubrir los requerimientos de operación para un máximo riesgo individual probable, conforme a ley.

### 9.3.4.1. Máximo Riesgo Individual Probable

El Máximo Riesgo Individual Probable se entiende como la máxima situación de peligro que puede acontecer dentro de las instalaciones de la planta, al analizar individualmente cada unidad de proceso en estado de emergencia y sus implicancias debido a la proximidad respecto a otras unidades.

En la planta, el escenario de mayor riesgo lo representa un incendio en el tanque de 100000 gl de GLP, durante el abastecimiento de camiones cisternas. En tal sentido, se requiere diseñar un sistema de enfriamiento por aspersión con agua para el tanque en emergencia y para los tanques aledaños.

### 9.3.4.2. Análisis de Demandas

A continuación presentamos el cuadro de demandas de agua requerida en la planta en una situación de emergencia:

**Tabla XIII: Cuadro de Demandas**

Requerido	Presión Residual (PSI)	Caudal Mínimo (gpm) 100%	Tiempo (hr)	Norma
Enfriamiento de tanque de 100000 gl de GLP. Área: 432.33m <sup>2</sup> Caudal: 2.7gpm/m <sup>2</sup>	20-30	1167.3	4	NFPA 15
Enfriamiento de zona de cisternas (2 x 10000 gl de GLP). Área: 172.48m <sup>2</sup> Caudal: 2.7gpm/m <sup>2</sup>	20-30	465.7	4	NFPA 15
Enfriamiento de Superficie externa del tanque Diesel2 de 60000 gl. Área exterior: 170.5m <sup>2</sup> Caudal: 2.7 gpm/m <sup>2</sup>	20-30	460.3	4	NFPA 15
Monitores contra incendio 3 monitores de 250 gpm	100-175	750	4	NFPA 14
Sistema de Espuma para el tanque Diesel 2 de 60000 gl. Área: 38.5m <sup>2</sup> Caudal:1.72gpm/m <sup>2</sup>	100-175	66.22	1	NPFA 11

### 9.3.4.3. Reserva Total de Agua

La cantidad de agua que deberá almacenar la planta se calcula teniendo en cuenta la operatividad del Sistema Contra Incendio en un escenario de máximo riesgo individual probable. Esto es, considerando el suministro de agua requerido para un incendio en el tanque de GLP, se deberá refrigerar el 100% del tanque de GLP en emergencia y el 50% del área de las zonas de irradiación aledañas tales como, la zona de carga de cisternas, el

tanque de Diesel 2 y de acuerdo a ley se requería además, tres chorros de agua de 250gpm (ver plano de distribución interna 12.8.3).

Sin embargo, debido a que se proyecta la instalación de un nuevo tanque de 100000gl, debemos proyectar nuestra infraestructura a un nuevo escenario. En este sentido, nuestros nuevos requerimientos de agua serán:

**Tabla XIV: Requerimientos de Agua**

Requerido	Empleo	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal (gpm)	Reserva 4hr (m <sup>3</sup> )
Tk.GLP1º: 100 000 gl	Refrigeración (100%)	432.4	1167.5	1060.6
Tk.GLP2º: 100 000 gl	Refrigeración (50%)	216.2	583.7	530.2
Carga de Cisternas	Refrigeración (50%)	86.2	232.7	211.4
Tk. D2: 60000 gl	Refrigeración (50%)	85.3	230.3	209.2
GCI (3 x 250gpm)	Contra incendio	-	750.0	681.3
Totales:			2964.2	2692.7

Estos requerimientos hacen necesario contar con una reserva de aproximadamente 3000 m<sup>3</sup> de agua para afrontar una situación de máximo riesgo. El detalle de cálculo se aprecia en el anexo 12.3.8.

Se deberá mencionar en esta parte, que la fuente de agua para la reserva contra incendio en la planta, se tomará de tres pozos construidos cercanos a la "piscina contra incendio". En cada pozo se instalará una bomba de agua que mantendrá permanentemente el nivel de agua en la "piscina". Este control será llevado a cabo por el personal de planta debidamente asignado.

El mantenimiento del agua contra incendio de la piscina se llevará a cabo a base de aditivos químicos proveídos por una empresa del medio.

#### **9.3.4.4. Bombeo de Agua Requerido**

El sistema de bombeo de agua contra incendio ha sido diseñado conforme la norma NFPA 20, para cubrir los requerimientos de la tabla de demandas en un escenario de máxima emergencia, de acuerdo al caudal obtenido en la sección anterior.

Considerando un 10% adicional como caudal óptimo, sobre el caudal calculado, se tienen los siguientes resultados:

**Tabla XV: Bombeo de Agua Requerido**

Parámetros	Requerido	Optimo
Caudal (gpm)	2964.3	3300
Presión de Descarga (PSI)	150	175
Potencia (HP)	351.3	456.2
Diámetro Succión (pulg)	12	12
Diámetro Descarga (pulg)	12	12

Los criterios de selección de la bomba contra incendio y detalle de cálculo se aprecian en el anexo 12.3.9:

#### 9.3.4.5. Hidrantes, Gabinetes y Monitores.

Se instalarán 4 gabinetes contra incendio GCI, 8 monitores fijos y un hidrante. Se ha optado por instalar un sistema de clasificación III, que es una combinación de boquillas de salida de 1 ½" y 2 ½" de acuerdo a la NFPA 14. A continuación se muestra una tabla con los requerimientos mínimos de presión residual y caudal en el elemento más remoto del sistema exigido por la norma:

**Tabla XVI: Hidrante más remoto de la Red**

Elemento	Presión (PSI)	Caudal(gpm)
Ramal mas remoto	variable-175	500
Salida de 1 ½"	65-175	250
Salida de 2 ½"	100-175	250

Para alcanzar los requerimientos de presión y caudal se ha hecho un estudio hidráulico de la Red Contra incendio operando a su máxima capacidad. Con la finalidad de seleccionar los diámetros de tubería óptimos, como se verá en la siguiente sección.

#### 9.3.4.6. Red de Tuberías Contra Incendio

La línea troncal de agua contra incendio es un anillo que bordea el perímetro de la planta en su parte interna. Conformado básicamente por tubería de 8" de diámetro, de acero al carbono cédula 40. Las conexiones y ramales son de diámetros variables, tales como de 12", 10", 6", 4" y accesorios reductores y aliviadores de presión.

El diseño y selección de diámetros responde a un análisis hidráulico y consideraciones referidas en las secciones precedentes, tal como se aprecia en el la hoja de cálculos del anexo 12.3.10.

La Red de Agua Contra Incendio, se mantendrá presurizada por una bomba "Jockey", ubicada junto a la bomba principal. La función de esta bomba es mantener la presión estática en la red y trabajará automáticamente en un diferencial mínimo de presiones. Si



existiera alguna apertura de algún monitor, decaería la presión del sistema y la bomba principal se encendería automáticamente, gobernado por el panel de control.

Del mismo modo, la válvula de diluvio que forma parte de la red de agua contra incendio, ubicada cerca al tanque de GLP, se apertura automáticamente debido a la conexión neumática con los sensores térmicos ubicados en el rack de rociadores. Así, de incrementarse la temperatura en la superficie del tanque, la válvula de diluvio se apertura inundándose el tramo de tubería que suministra agua a los rociadores. La presión del sistema decae y la bomba contra incendio se activa automáticamente.

### **9.3.5. Plan de Contingencias**

Los alcances del Plan de Contingencias para la planta se desarrollan en el capítulo siguiente.

### **9.3.6. Brigadas de Emergencia**

La organización para afrontar una situación de emergencia es presentada en el capítulo siguiente.

### **9.3.7. Seguridad y Vigilancia**

Para el resguardo contra actos delincuenciales o sabotaje la planta contará con casetas de vigilancia en las cuatro esquinas.

El personal de vigilancia se encargará de igual modo, del control peatonal y de vehículos que ingresen a la planta y estará en actividad las 24 hr del día.

## **Capítulo 10.**

### **Gestión Integral de la Seguridad**

Para el mantenimiento integral del nivel de seguridad en la planta, se promoverá un conjunto de medidas que involucren acciones preventivas en las instalaciones y procesos, responsabilidad y ética de los profesionales, participación y estímulo del personal operario y una política explícita de Seguridad Industrial en la gestión general, como se verá a continuación:

#### **10.1. Seguridad en las Operaciones**

##### **10.1.1. Información y Normalización**

Se habilitará una biblioteca en las oficinas administrativas destinadas alojar información referida a los procesos de la planta, especificaciones técnicas de los equipos y productos, normas y estándares técnicos, así como cualquier bibliografía competente con el proceso productivo de la planta.

De igual modo, se confeccionarán “Normas de Uso Interno”, que estará al alcance de todo el personal de la planta y cubrirán los siguientes aspectos:

- Normas de Seguridad

- Normas con instrucciones para operaciones eficientes y seguras

- Normas para el mantenimiento de las instalaciones productivas y de seguridad.

- Normas para manipulación y uso de los productos.

##### **10.1.2. Adiestramiento de Personal**

La información suministrada por medio de las normas y manuales viene complementada con el adiestramiento del personal, basándose en material gráfico, audiovisual y real. Para ello se planea desarrollar charlas y entrenamiento práctico siguiendo los lineamientos que a continuación se detalla:

Charlas en los siguientes temas:

- Operaciones

- Seguridad General

- Defensa Contra Incendio: Prevención y extinción

Primeros Auxilios  
 Planes de Emergencia  
 Mantenimiento  
 Entrenamiento Práctico sobre:  
 Ejercicios de extinción del fuego  
 Simulacros de Emergencia  
 Simulacros de primeros auxilios

### **10.1.3. Motivación y Estímulo**

Es sabido que la motivación y el estímulo en las personas promueven la conducta para un determinado fin. Por esta razón en el terreno de la Seguridad Industrial, este es un factor que debe ser tomado en consideración. Estimular actitudes favorables a la seguridad y desestimular las perjudiciales es la tarea.

La supervisión en cada nivel deberá motivar las actitudes favorables con acciones positivas. Estas podrían ser: felicitaciones, propuestas de ascenso, premios, etc. De igual modo las amonestaciones y penalizaciones serán tomadas en cuenta en caso contrario.

## **10.2. Mantenimiento Correctivo**

Claro está que la acción correctiva de las averías declaradas, requiere el accionar rápido y eficaz para subsanarlas. En tal sentido, la planta contará con el mínimo de repuestos necesarios para afrontar una situación de esta naturaleza. Para lo cual, se recogerá la experiencia en otras plantas similares y se llevará un análisis estadístico de las averías para proveerse de los equipos y repuestos necesarios de uso más frecuente.

## **10.3. Mantenimiento Preventivo**

La práctica del Mantenimiento Preventivo es el resultado del análisis estadístico de las frecuencias de las averías y aplicación de la experiencia en otras plantas similares. Por consiguiente, los lineamientos y periodicidad de las inspecciones que se propone a continuación serán revisadas mas adelante.

**Inspecciones Diarias:** Control de los aspectos muy críticos de las instalaciones, del proceso y de los servicios auxiliares.

**Inspecciones Semanales:** Control detallado de aspectos críticos de las instalaciones.

**Inspecciones Mensuales:** Inspección detallada de todos los elementos de las instalaciones, mediante una lista de comprobaciones en un orden que facilita la inspección sistemática.

**Inspecciones Bimestrales, trimestrales, cuatrimestrales, semestrales y anuales:** Pruebas, análisis, limpieza y engrase de elementos de poco desgaste o de caducidad determinada.

**Revisiones Aperiódicas:** De acuerdo a las instrucciones de

los manuales de los equipos y su frecuencia de uso.

## 10.4. Prevención y Actuación Frente a Siniestros

La organización y el planeamiento de las actividades antes y durante una emergencia son considerados una tarea fundamental en la filosofía de este proyecto. En tal sentido, presentamos a continuación los lineamientos a seguir:

### 10.4.1. Funciones del Personal de Seguridad

Inspección periódica de tipo preventivo y generación de reportes.  
Generar órdenes de trabajo para la corrección de averías.  
Fiscalizar la seguridad en los trabajos de mantenimiento.  
Autorización y control de los permisos de trabajo

### 10.4.2. Auditoria Técnica y de Seguridad

Aunque las Auditorias de Seguridad son un compromiso legal en nuestro país, es de suma importancia considerar una auditoria completa que involucre todas las unidades del proceso y lo concerniente al aspecto de seguridad. En tal sentido los lineamientos a seguir para el caso, serán:

Estará dirigido por técnicos calificados no implicados en la tarea diaria de la planta. Ello minimizará el riesgo de la rutina o habitualidad.

La participación del personal de planta será activa y aportará el conocimiento de las operaciones.

La orientación será a la identificación y solución de defectos y no a la caza de culpables.

Se efectuará una inspección de las instalaciones y los registros de mantenimiento preventivo.

Emitir un informe a Gerencia de la Compañía para los efectos del caso.

### 10.4.3. Plan de Contingencias

El Plan de Contingencias será un documento redactado y de conocimiento de todo el personal de la planta. El documento será estructurado de la siguiente manera:

**Objetivos:** Que resumirá los alcances de documento para orientar al personal sobre los procedimientos a seguir en caso de ocurrir una emergencia, a fin de evitar y/o reducir las pérdidas materiales y personales que hubiere lugar, basándose en la alerta inmediata, comunicación fluida, establecer el control de la emergencia y los procedimientos de restauración y mitigación de daños.

**Tipos de Contingencias:** Para dar a conocer al personal los posibles escenarios de emergencia que podrían presentarse en

la planta. Estos podrían ser: por Fuga de Gas, por Derrame de Combustible Líquido, Fuego y Explosión y por Inclemencias de la Naturaleza.

**Procedimientos de Aviso:** Que consiste en los mecanismos para notificar la situación de alerta. La notificación deberá hacerse de acuerdo al organigrama de seguridad establecido (Ver Anexo 12.7.12.). Ello implica, el reporte inmediato del incidente al coordinador de operaciones, confirmación del lugar de la emergencia, puesta en marcha del procedimiento de emergencia, notificación a entidades de apoyo en la lucha y finalmente reporte a la DGH y OSINERG en el plazo fijado por la ley. Se incluye también el reporte a la compañía de seguros.

**Procedimientos de Emergencia:** Que orienta al personal sobre las acciones a tomar para el control de la emergencia dependiendo del tipo de contingencia. Estas instrucciones son: parada de planta, corte de fluido eléctrico, puesta en marcha de grupo electrógeno, puesta en marcha del sistema de agua contra incendio, procedimientos de auxilio y rescate de víctimas.

**Equipamiento de Emergencia:** Que tiene como objeto dar a conocer al personal sobre el tipo de medios con que cuenta la planta para hacer frente a la emergencia. Orienta a su vez al personal sobre las condiciones, ubicación y métodos de uso.

**Entrenamiento de Personal:** Que tiene como objetivo establecer la periodicidad y características que deben tener las sesiones de entrenamiento de personal. El control de las clases y simulacros de emergencias, así como el record estadístico de las mismas.

**Levantamiento de Información:** Conteniendo las instrucciones para recoger datos con el fin de analizar el siniestro, resarcir los daños y preparar informes posteriores.

#### **10.4.4. Brigadas de Emergencia**

La Organización de Brigadas de Emergencia en la planta tendrá la siguiente estructura:

##### **Coordinador General**

Quien es la máxima autoridad y será comunicado de la emergencia en forma inmediata. Siendo sus funciones principales:

- Evaluación de las acciones operativas y administrativas.

- Establecer comunicación permanente con los jefes de Operaciones y de Control de la Emergencia.

- Coordinar el apoyo y labores de logística externa si es requerido.

##### **Jefe de Operaciones de Emergencia**

Quien tiene a su cargo el control de las operaciones de emergencia y las siguientes funciones:

Establecer un área de seguridad de las actividades a fin de no involucrar a terceros.

Solicitar el apoyo de personal y equipo al Coordinador General.

Solicitar apoyo de personal y equipo externo si es requerido al Coordinador General.

Coordinación permanente con el Jefe de Control de la Emergencia

### **Jefe de Control de la Emergencia**

Quien tiene a su cargo directamente el desarrollo de las operaciones, siendo sus funciones principales

Coordinar las operaciones de la Brigada de Control de Emergencia.

Coordinar las operaciones de la Brigada de Rescate y Primeros Auxilios.

Evaluación de daños luego del siniestro.

### **Brigada de Control de Emergencia**

Conformada por el personal de planta debidamente entrenado con las siguientes funciones:

Parada de planta o de operaciones en el lugar del siniestro.

Activación del sistema de alarmas

Activación del sistema Contra Incendio

Manejo de los equipos contra incendio: extintores, monitores, gabinetes, equipo de espuma.

### **Brigada de Rescate y Primeros Auxilios**

Conformada por el personal de planta debidamente entrenado con las siguientes funciones:

Evacuación del personal a un lugar seguro.

Rescate de heridos y/o víctimas fatales.

Brindar primeros auxilios al personal que lo requiera.

## **10.5. Responsabilidad y Aseguramiento**

Evidentemente como se ha visto, el valor de los daños que podría ocasionarse a terceros, potencialmente excedería los activos de la compañía. Por consiguiente, la compañía contratará un Seguro de Responsabilidad Civil Frente a Terceros como lo exige la ley. Al mismo tiempo, serán contratados seguros por Lucro Cesante y reposición de activos en caso de siniestros de origen natural o por falla. Obsérvese que, dado el nivel de seguridad de la compañía, luego de la implementación del Sistema Integral de Seguridad, las primas de los seguros a contratar serán significativamente bajas.

## Capítulo 11.

### Análisis de Justificación

Los proyectos relativos a la seguridad industrial son denominados Proyectos de Prevención y pertenecen a la clase de proyectos destinados a conservar las utilidades de una compañía. Este tipo de proyectos, al igual que aquellos destinados a aumentar la productividad o la expansión del mercado, merecen especial atención por los accionistas debido a que la inversión en la compañía y la responsabilidad legal futura están en juego.

En el presente capítulo se evaluará la justificación de la inversión en seguridad.

#### 11.1. Costos de Implementación

A continuación se muestra un consolidado de la inversión del Sistema Integral para la Prevención de Pérdidas de la Planta. El metrado básico de la inversión en seguridad se aprecia en el anexo 12.6.1, el cual se empleó en la estimación económica.

**Tabla XVII: Costos de Implementación**

##### Inversión Fija en Prevención

Descripción	Estimado en US \$
Inversión total en la planta	2 056 000
Inversión en seguridad	238 200
Representación porcentual	<b>11.59%</b>

Descripción	Estimado en US \$
1. Diseño del Sistema	5 000
2. Mano de Obra de Contratistas	30 000
3. Supervisión de Obra	6 000
4. Equipos y Materiales	197 200
Total:	<b>238 200</b>

##### Inversión Mensual por Gestión de Riesgos

Detalle de la Inversión	Estimado en US \$
1. Supervisión	1 000
2. Capacitación	1 000
3. Materiales	2 000
Total:	<b>4 000</b>

## 11.2. Justificación de la Inversión

Emplearemos el método de William, T Fine para determinar la justificación de la inversión en seguridad (Fine 155). La explicación del método se encuentra desarrollada ampliamente en el anexo 12.2.7.

Como se puede apreciar, el método nos conduce primero a evaluar y determinar el nivel de gravedad del riesgo, como lo hicimos en el capítulo 7, por otro método. Luego de reemplazar los valores obtenidos en las ecuaciones de Fine, obtenemos el valor de justificación de la inversión "J". Siendo el valor de justificación crítico 10. Tal es así, que sólo valores mayores de 10 justifican la inversión y los valores mayores de 20 se consideran acciones correctoras altamente interesantes.

Un análisis del cuadro contiguo nos revela que la inversión en el Sistema Integral de Prevención de Perdidas, desarrollada en el presente trabajo, se encuentra justificada ampliamente.

**Tabla XVIII: Justificación de la Inversión**

Detalle	C	E	P	GP	GC	FC	J
<b>Riesgos de Proceso</b>							
<b>1.-Recepción, Almacenamiento y Transferencia de GLP</b>							
1.1. Fuga de Producto	5	3	6	90	1	6	15
1.2. Deflagración y/o Explosión	25	1	3	75	1	4	18.8
1.3. Generación de BLEVE	50	1	3	150	1	10	15
1.4. Incendio por Corriente estática	50	1	3	150	1	2	75
<b>2.-Recepción, Almacenamiento y Transferencia de D2</b>							
2.1. Fuga de producto (Contaminación de la napa freática)	5	3	6	90	1	6	15
2.2. Atmósfera explosiva y Deflagración	25	1	3	75	1	4	18.8
2.3. Incendio y explosión del Tanque	50	1	3	150	1	10	15
2.4. Incendio por Corriente Estática	50	1	3	150	1	2	75
<b>Riesgos de Entorno</b>							
<b>1. Factores Social</b>							
1.1. Daño por actividad subversiva o paramilitar	50	0.5	0.5	12.5	6	1	2.08
1.2. Daño por actividad industrial circundante	1	0.5	0.5	0.25	6	1	0.04
1.3. Daño por tráfico aéreo, terrestre o acuático	50	6	0.5	150	6	1	25
1.4. Daño por actividad Militar	50	0.5	0.5	12.5	6	1	2.08
<b>2. Factores Naturales</b>							
2.1. Daño por actividad sísmica	15	3	6	270	1	10	27
2.2. Daño por aludes	15	0.5	0.5	3.75	6	1	0.63
2.3. Daño por inundaciones de ríos	15	0.5	0.5	3.75	6	1	0.63
2.4. Daño por incendios forestales	50	0.5	0.5	12.5	6	1	2.08
2.5. Daño por corrosión atmosférica	50	10	10	5000	1	6	833
2.6. Daño por alta temperatura	50	0.5	0.5	12.5	6	1	2.08
2.7. Daño por lluvias torrenciales	15	0.5	0.5	3.75	6	1	0.63
2.8. Daño por vientos o huracanes	50	0.5	0.5	12.5	6	1	2.08



## **CAPITULO 12**

### **ANEXOS**

## ANEXO 12.1

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>API</b>	: American Petroleum Institute
<b>BLEVE</b>	: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
<b>CVCE</b>	: Confined Vapor Cloud Explosion
<b>D.S.N</b>	: Decreto Supremo número
<b>DGH</b>	: Dirección General de Hidrocarburos
<b>EIA</b>	: Estudio de Impacto Ambiental
<b>GLP</b>	: Gas Licuado de Petróleo, fracción propano-butano
<b>GN</b>	: Gas Natural
<b>GNC</b>	: Gas Natural Comprimido
<b>GPM</b>	: Galones por Minuto
<b>HAZOP</b>	: Hazard and Operability Study
<b>HP</b>	: Horse Power
<b>ISO</b>	: Internacional Organization for Standardization
<b>MEM</b>	: Ministerio de Energía y Minas
<b>NOSA</b>	: National Occupational Safety Association
<b>NEC</b>	: National Electric Code
<b>NFPA</b>	: National Fire Protection Association
<b>OSINERG</b>	: Organismo de Supervisión de la Energía
<b>PSI</b>	: Pound Square Inch
<b>UVCE</b>	: Unconfined Vapor Cloud Explosion

**ANEXO 12.2**

**FUNDAMENTO TEÓRICO**

## 12.2. Fundamento Teórico

### 12.2.1. Fuga de Líquidos Saturados: Modelo de Brasie

Ecuación	$W_{gf}=31P^{0.7} \dots\dots\dots ec. (12.2.1)$
	<p>Donde:  <math>W_{gf}</math>: Flux de la mezcla líquido-vapor (lb./min/pul<sup>2</sup>)  <math>P</math>: Presión contenida (PSIg)</p>
Comentario	<p>Este modelo matemático propuesto por W.C. Brasie de la compañía Dow Chemical U.S.A. (Brasie 135-140) Nos proporciona una razonable aproximación del flujo de una mezcla líquido-vapor a través de orificios de tuberías, donde se cumple la relación <math>L/D &lt; 10</math>. La precisión de los resultados son adecuados para los propósitos de Evaluación de Riesgos (Brasie).</p>
Condiciones	<p>Presión <math>P</math>: entre 2 -70 atm (29.4-1029 psi) y menos de la <math>P_c</math> (presión crítica).  <math>L/D &lt; 10</math>: Relación de longitud sobre diámetro de tubería.</p>

### 12.2.2. Dispersión Gaseosa : Modelo de Hay, Pasquill-Gifford

Ecuación	$f_{(x,y,z,h)} = \frac{Q}{(2\pi)^{1/2} \sigma_y \sigma_z U_v} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2} \left[ e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{z-h}{\sigma_z} \right)^2} + e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{z+h}{\sigma_z} \right)^2} \right] \dots\dots\dots ec.(12.2.2)$
	<p>Donde:  <math>f</math>: Concentración de la sustancia (fracción)  <math>Q</math>: Caudal del fluido (m<sup>3</sup>/s).  <math>\sigma_y = ax^p</math>: Coeficiente de difusión en dirección <math>y</math> (Horizontal y transversal a la dirección del viento <math>x</math>) (m).  <math>\sigma_z = bx^q</math>: Coeficiente de difusión en dirección de <math>z</math> (Vertical y transversal a la dirección del viento <math>x</math>) (m).  <math>U_v</math>: Velocidad del viento en el punto de emisión (m/s).  <math>h</math>: Altura del punto de emisión (m).  <math>x, y, z</math>: Coordenadas  <math>a, b, p, q</math>: Coeficientes y exponentes que dependen del nivel de estabilidad del clima.</p>

	<b>Nivel de Estabilidad</b>	<b>a</b>	<b>p</b>	<b>b</b>	<b>q</b>
	<b>A</b> (Extremad. Inestable)	0.40	0.91	0.41	0.91
	<b>B</b> (Inestable)	0.36	0.86	0.33	0.86
	<b>C</b> (Ligeramente Inestable)	0.36	0.86	0.30	0.86
	<b>D</b> (Neutra)	0.32	0.78	0.22	0.78
	<b>E</b> (Ligeramente Estable)	0.31	0.74	0.16	0.74
	<b>F</b> (Estable)	0.31	0.71	0.06	0.71
<b>Comentario</b>	<p>Este modelo matemático representa el comportamiento de una dispersión gaseosa en el aire. La ecuación está en función de la velocidad de emisión, concentración de la emisión, topografía del medio, elevación de la emisión, condiciones meteorológicas y coeficientes de difusión referidos al aire.</p> <p>Debemos mencionar que en la bibliografía consultada existen otros modelos de dispersión para gases pesados, que añaden además del cálculo para el avance del frente de la nube por efecto de la gravedad y las consideraciones arriba descritas, el efecto de la condensación de la humedad ambiental, reactividad del gas, ecuaciones empíricas que modelan la entrada de aire en la masa del gas pesado en la fase de dispersión estratigráfica, ecuaciones generales de equilibrio másico, energético y de momentum, así como el balance de calor nube-suelo/agua. Este planteamiento genera un sistema de ecuaciones de solución compleja y exige la disponibilidad de una data extensa.</p> <p>Sin embargo, el modelo planteado de Pasquill-Gifford es sugerido por Casal (207) y Storch de García (70), bajo nuestras condiciones, pues nos da la suficiente precisión para evaluar las consecuencias de una dispersión gaseosa y planificar acciones de emergencias, que es nuestro propósito.</p>				
<b>Condiciones</b>	<p><b>Peso Molecular del Gas:</b> Similar o ligeramente mayor a la del aire <math>M \geq 29</math>.</p> <p><b>Tipo de Gas:</b> Gas neutro, no reactivo.</p> <p><b>Velocidad de salida del producto:</b> 20-40m/s.</p> <p><b>Reactividad con el aire:</b> Nula.</p> <p><b>Condiciones Metereológicas:</b> Constantes.</p> <p><b>Existencia del Viento:</b> <math>U_v &gt; 1</math>m/s.</p> <p><b>Características del terreno:</b> Uniforme.</p> <p><b>Obstáculos:</b> Ausencia de montañas y pendientes.</p> <p><b>Emisión:</b> La dispersión se evalúa en su estado intermedio. El tiempo de escape es finito, se alcanza un estado estacionario en un cierto tiempo y finalmente la nube se diluye si no encuentra un punto de ignición.</p>				

### 12.2.3. Sobrepresión en Explosiones no Confinadas. Nubes de Vapor y BLEVES : Método del TNT equivalente

Ecuaciones	$M_{TNT} = \alpha \Delta h_c M_F / 4200 \dots\dots\dots ec.(12.2.3.1)$ $\Delta P = 3068.4 M_{TNT}^{0.57183} / d^{1.7155} \dots\dots ec.(12.2.3.2)$ $d = 107.9 M_{TNT}^{1/3} / \Delta P^{0.58292} \dots\dots\dots ec.(12.2.3.3)$ <p>Donde:  <b><math>M_{TNT}</math></b>: Masa equivalente de TNT (Kg.).  <b><math>M_F</math></b>: Masa de vapor inflamable emitido que participa en la combustión de varias formas energéticas: llama, onda de presión, etc. (Kg.).  <b><math>\alpha</math></b>: Rendimiento. Fracción de la energía originada que participa, o se manifiesta en la onda de detonante (tanto por 1). Recomendable valor: 0.03-0.04 (Casal 162).  <b><math>\Delta h_c</math></b>: Calor de combustión del vapor inflamable (KJ/Kg.).  <b><math>\Delta P</math></b>: Sobrepresión de la onda detonante (KPa). Para el caso de BLEVES la masa equivalente será afectado por un factor de corrección, pues al estallar el recipiente la mayor cantidad de energía liberada se convierte en energía cinética de los fragmentos. El valor sugerido por Casal para el caso de BLEVES es de 40%.  <b><math>d</math></b>: Distancia desde el origen (m).</p>
Comentario	<p>El método del TNT equivalente permite predecir, de manera rápida y sencilla, los daños ocasionados por la explosión de una nube de vapor no confinada, a partir de la masa de TNT que equivaldría a la cantidad de hidrocarburo implicado, es decir, que ocasionaría el mismo nivel de daños. Sin embargo, es interesante ver que el rendimiento mecánico de las explosiones de nubes de hidrocarburos es muy bajo. En realidad, solo una pequeña fracción de energía liberada es convertida en energía mecánica; la mayor parte se convierte en energía luminosa.</p>
Condiciones	<p>Las limitaciones del método TNT equivalente son debidas principalmente a la diferencia de amplitudes de onda, en una explosión de TNT respecto a la explosión de una nube de vapor. Mientras la primera es de amplitud muy grande pero de corta duración, la segunda es de amplitud menor y de duración mayor. Esto hace que puntos muy próximos al origen de la explosión (hasta 3 veces el diámetro de la nube) el error de cálculo sea relativamente considerable. Mientras que para puntos alejados (donde <math>\Delta P &lt; 30</math> KPa) la curva de presión vs tiempo se aproxima mucho mas al ideal. Por lo tanto los resultados obtenidos son mejores.</p>

### 12.2.4. Radiación Térmica en Incendios y BLEVES: Modelo de Gayle2

Ecuaciones	$D = a m^b \dots\dots\dots ec (12.2.4.1)$ $\theta = c m^d \dots\dots\dots ec (12.2.4.2)$ $H = 0.75 D \dots\dots\dots ec (12.2.4.3)$ $I = \zeta E_p F \dots\dots\dots ec (12.2.4.4)$ $\zeta = 2.02(P_w x_e)^{-0.09} \dots\dots\dots ec (12.2.4.5)$ $E_p = \eta m \Delta H_c / \pi D^2 \theta \dots\dots\dots ec (12.2.4.6)$ $F = D^2 / 4r^2 \dots\dots\dots ec(12.2.4.7)$ <p>Donde:</p> <p><b>D:</b> Diámetro de la bola de fuego en un BLEVE (m).  <b>m:</b> masa del líquido inflamable contenido en el recipiente ( Kg.).  <b><math>\theta</math>:</b> Duración del impulso de radiación desde la bola de fuego (seg.).  <b>H:</b> Altura en la que se encuentra el centro de la bola de fuego (m).  <b>a, b, c, d:</b> Constantes.  <b>I:</b> Intensidad de calor máximo (Kw/m<sup>2</sup>) recibido a una distancia <math>X_e</math>(m) desde el borde de la bola de fuego.  <b><math>x_e</math>:</b> Distancia (m) desde el borde de la bola de fuego hasta el punto considerado.  <b><math>\zeta</math>:</b> Transmisividad atmosférica.  <b><math>E_p</math>:</b> Poder emisivo  <b><math>P_w</math>:</b> Presión de vapor del agua a la temperatura atmosférica.  <b><math>\eta</math>:</b> Coeficiente de radiación. Rango sugerido: 0.13-0.35.  <b>F:</b> Factor de vista que por tratarse de una geometría casi esférica se considera una esfera para efectos de cálculo.  <b>r:</b> Distancia del centro de la bola de fuego y la superficie que recibe la radiación.</p>
Comentarios	<p>Para determinar el tamaño y duración de la bola de fuego, en la bibliografía consultada se puede apreciar hasta 16 modelos matemáticos. Sin embargo, luego de análisis comparativo con datos experimentales mencionado en Casal (185), se determinó que la mejor correlación era la propuesta por Gayle(2). Siendo los valores de a, b, c y d: 6.14; 0.325; 0.410 y 0.340 respectivamente.</p> <p>La intensidad de calor que recibe una superficie expuesta a la bola de fuego, es una fracción de la radiación total emitida. Tal como se aprecia en la expresión, la intensidad de calor <i>I</i> es afectada por la transmisividad ambiental <math>\zeta</math>, el poder emisivo <math>E_p</math> y el factor de vista <i>F</i>, que viene a ser la fracción de la energía total radiante que alcanza directamente un objeto cercano a la llama (Casal:188-189)..</p> <p>La altura de la bola de fuego <i>H</i> es una expresión empírica cuyo resultado se aproxima a los datos reales (Casal: 188).</p>

### 12.2.5. Proyección de Fragmentos en un BLEVE: Modelo de Birk

	$F_s = e^{(-0.6k)} \dots\dots\dots ec. (12.2.5.1)$ $F_e = e^{(-0.25k)} \dots\dots\dots ec. (12.2.5.2)$
Ecuación	<p>Donde:</p> <p><math>F_s</math>: Fracción del total de proyectiles laterales del tanque que caen por encima de R.</p> <p><math>F_e</math>: Fracción del total de proyectiles extremos del tanque que caen por encima de R.</p> <p><math>k</math>: Número de veces el radio de la bola de fuego.</p>
Comentarios	<p>Las ecuaciones arriba mostradas fueron obtenidas de experimentos y datos estadísticos en casos reales como se puede apreciar en la bibliografía consultada (Birk: Queen's University).</p>

### 12.2.6. Método de la Matriz Bidimensional para la Evaluación de Riesgos (Castellanos 92-98).

Los riesgos pueden clasificarse en función a la severidad y probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

**Tabla XIX: Definiciones de Severidad y Probabilidad**

<b>Severidad</b>	
<b>Catastrófico</b>	<p>La gravedad de los daños causan: amputaciones, fracturas mayores, envenenamiento, lesiones múltiples, lesiones fatales, cánceres ocupacionales y otras enfermedades graves que limitan el tiempo de vida, enfermedades fatales agudas.</p> <p>Los daños a la propiedad superan los \$100000. Estos podrían representar casi la pérdida total.</p>
<b>Extensivo</b>	<p>La gravedad del daño será importante, causando: quemaduras de 2do y 3er grado, contusiones serias, fracturas moderadas, sordera con incapacidad, dermatitis serias, asma, desórdenes de los miembros superiores relacionados con el trabajo, enfermedades conducentes a incapacidades permanente menores.</p> <p>Los daños materiales se estiman entre los \$10000 y \$100000.</p>
<b>Serio</b>	<p>La gravedad del daño es media causando: lesiones a los ligamentos moderados, laceraciones, quemaduras de 1er grado, contusiones moderadas, fracturas menores, sordera sin incapacidad, dermatitis moderada.</p> <p>Los daños a la propiedad se estiman entre: \$1000 a \$10000.</p>
<b>Bajo</b>	<p>La gravedad de los daños son: lesiones superficiales, cortes y contusiones menores, irritación ocular por polvo, malestar, enfermedad conducente a malestar temporal.</p> <p>Los daños a la propiedad son menores a los \$1000.</p>
<b>Probabilidad</b>	
<b>Alto</b>	Ocurre o puede ocurrir una vez cada 29 días o menos.



<b>Medio</b>	Ocurre o puede ocurrir una vez entre 1 a 12 meses.
<b>Bajo</b>	Ocurre o puede ocurrir una vez entre 1 y 10 años.

Considerando la tabla anterior se elabora la siguiente matriz de riesgos:

**Tabla XX: Matriz de Riesgos**

<b>Severidad</b>	<b>Catastrófico</b>	3	4	<b>Inaceptable</b>
	<b>Extensivo</b>	2	3	4
	<b>Serio</b>	1	2	3
	<b>Bajo</b>	-	1	2
		<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
		<b>Probabilidad</b>		

Los niveles de riesgo se muestran a continuación:

**Tabla XXI: Niveles de Riesgos**

<b>Nivel</b>	<b>Disponibilidad Requerida</b>	<b>Probabilidad de fallo</b>	<b>Ocurrencia (años)</b>
4	>99.99%	$10^{-5}$ a $10^{-4}$	100 000 a 10 000
3	99.90 - 99.99%	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	10 000 a 1 000
2	99.00 - 99.90%	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	1 000 a 100
1	90.00 - 99.00%	$10^{-2}$ a $10^{-1}$	100 a 10

Donde:

**Disponibilidad Requerida:** Porcentaje aceptable de seguridad en el sistema para el nivel dado de riesgo.

**Probabilidad de Fallo:** Probabilidad aceptada de fallo

**Ocurrencia:** Posibilidad en años que el fallo de ese nivel ocurra

**Tabla XXII: Resumen de Implicancias**

<b>Nivel</b>	<b>Acción</b>
4	Deberán de controlarse inmediatamente
3	Podrá ser tratados a corto o mediano plazo
2	Requiere control a mediano o largo plazo
1	Puede requerir control a mediano o largo plazo

**12.2.7. Método de William T. Fine para la Evacuación de Riesgos (Toffel 477-485).**

Ecuaciones	$G.P. = C \times E \times P \dots\dots\dots ec. (12.2.7.1)$ $J = G.P / (G.C. \times F.C.) \dots\dots\dots ec. (12.2.7.2)$
	<p>Donde:</p> <p><b>C:</b> Consecuencias. Es el resultado más probable de un accidente potencialmente potencial.</p> <p><b>E:</b> Exposición. Frecuencia con que ocurre la situación de riesgo.</p> <p><b>P:</b> Probabilidad de que una secuencia de accidente se complete.</p> <p><b>G.P:</b> Grado de Peligrosidad</p> <p><b>G.C:</b> Grado de Corrección en que será reducido el riesgo</p> <p><b>F.C:</b> Factor de costo</p> <p><b>J:</b> Grado de Justificación</p>
Comentarios	<p>El método de Fine es un modelo matemático secuencial desarrollado para justificar las inversiones en seguridad.</p> <p>Siendo el valor de justificación crítico 10. Es decir, todo resultado sobre este valor es justificable.</p>

**Tabla XXIII: Valores para C, E, y P**

Factor	Clasificación	Código Numérico
<b>C</b> <b>Consecuencias</b>	a). Varias Muertes; daños superiores a \$546,921.	50
	b). Muerte; daños de \$109,384 a \$546,921.	25
	c). Lesiones extremadamente graves (amputaciones, incapacidad permanente). Daños de \$1094 a \$109,384	15
	d). Lesiones con baja. Daños hasta \$1094.	5
	e). Heridas Leves: contusiones, golpes, pequeños daños.	1

<b>E</b> <b>Exposición</b>	a). Continuamente (Muchas veces al día).	10
	b). Frecuentemente (Aprox. Una vez al día).	6
	c). Ocasionalmente (De una vez por semana a una vez al mes).	3
	d). Raramente (Se sabe que ocurre)	1
	e). Remotamente posible (No se sabe que ha ocurrido)	0.5
<b>P</b> <b>Probabilidad</b>	a). Resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene lugar.	10
	b). Es completamente posible. Nada extraño. Tiene una probabilidad del 50%.	6
	c). Sería una secuencia o coincidencia rara del 10%.	3
	d). Sería una coincidencia remota. Se sabe que ha ocurrido: Probabilidad 1%	1
	e). Nunca ha sucedido en muchos años de exposición. Pero es concebible.	0.5

**Tabla XXIV: Valores para GP, GC y FC**

<b>Factor</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Código Numérico</b>
<b>G.P</b> <b>Peligrosidad</b>	a). Riesgo muy alto: Detención inmediata de la actividad	>400
	b). Riesgo alto: Corrección inmediata	200 - 400
	c). Riesgo notable: Corrección necesaria, urgente.	70 – 200
	d). Riesgo moderado: No es emergencia pero debe corregirse	20 – 70
	e). Riesgo aceptable: Puede omitirse la corrección, aunque deben establecerse medidas correctoras sin plazo definido	< 20
<b>G.C</b> <b>Corrección</b>	a). Riesgo altamente protegido: 90% -100%	1
	b). Riesgo reducido al menos a 75%	2
	c). Riesgo reducido del 50% al 75%.	3
	d). Riesgo reducido del 25%-50%.	4
	e). Ligero efecto sobre el riesgo: Menos del 25%	6
<b>F.C</b> <b>Costo</b>	a). Mas de \$21,877.	10
	b). De \$10,938 a \$21,877.	6
	c). De \$1,094 a \$10,938.	4
	d). De \$109 a \$1,094.	2
	e). Menos de \$109.	1
<b>J</b>	a). Acción correctora altamente interesante	>20
	b). Acción correctora justificada	10-20
	c). Acción correctora no justificada	<10

**ANEXO 12.3**

**CÁLCULOS**

## 12.3 Cálculos

### 12.3.1 Fuga de Líquidos Saturados

En la ecuación:

$$W_{gf} = 31 P^{0.7} \dots\dots\dots \text{ec. (12.2.1)}$$

Multiplicando por la sección de la tubería  $\pi \Phi^2/4$  y haciendo cambio de unidades tenemos:

$$W_{gf} = 11.4 P^{0.7} \Phi^2 \text{ en Kg/min}$$

Donde :

$P$  : en PSI

$\Phi$ : en pulg

Considerando 153 psig para la presión de vapor de la mezcla propano-butano: 55%-45%, (ver hoja de propiedades del GLP, anexo 12.5.2). Se tiene la masa de producto liberado en kilogramos como función del tiempo y del diámetro del orificio:

Tabla XXV: Producto Liberado en Kg			
Tiempo(min)	Tubería 1 1/4"	Tubería 2"	Tubería 4"
0.5	291.77	746.94	2987.74
1	583.54	1493.87	5975.48
2	1167.09	2987.74	11950.97
3	1750.63	4481.61	17926.45
4	2334.17	5975.48	23901.93
5	2917.72	7469.35	29877.42
6	3501.26	8963.23	35852.90
7	4084.80	10457.10	41828.39
8	4668.35	11950.97	47803.87
9	5251.89	13444.84	53779.35
10	5835.43	14938.71	59754.84

### 12.3.2 Dispersión Gaseosa

En la ecuación:

$$f_{(x,y,z,h)} = \frac{[Q / (2 \pi \sigma_y \sigma_z U_v)] e^{-(1/2)(y/\sigma_z)^2} [e^{-(1/2)((z-h)/\sigma_z)^2} + e^{-(1/2)((z+h)/\sigma_z)^2}]}{\dots\dots\dots} \text{ec. (12.2.2)}$$

Despejando el valor de x, para z=0; y=0:

$$X_i = (Q / \pi a b U_v f_i)^{1/(p+q)} \dots\dots\dots \text{ec. (12.3.2.1)}$$

Despejando el valor de y, para z=0; x>0:

$$Y_i = b X_i^q | -2 \text{Ln}(f_i \pi a b X_i^{p+q} U_v / Q) |^{0.5} \dots\dots \text{ec. (12.3.2.2)}$$

Despejando el valor de z, para y=0; x>0:

$$Z_i = b X_i^q | -2 \text{Ln}(f_i \pi a b X_i^{p+q} U_v / Q) |^{0.5} \dots\dots \text{ec. (12.3.2.3)}$$

**Tabla XXVI: Datos**

Variables	Valores	Observ.	Descripción
Qp(kg/seg)	9.73	Tub:1 1/4"	Flujo Másico
	24.90	Tub: 2"	
	99.59	Tub: 4"	
D(kg/m3):	2.056		Densidad
Q(m3/s):	4.73	Tub:1 1/4"	Flujo volumétrico
	12.11	Tub: 2"	
	48.44	Tub: 4"	
Uv (m/s):	1.10	Mínima	Velocidad del Viento
	4.25	Promedio	
	11.10	Máxima	
f i(°/°):	0.019		Concent. inferior LII
f s(°/°):	0.092		Concent. superior LSI
a:	0.36	Ligmente. inestable	Constante
b:	0.30		
p:	0.86		
q:	0.86		

La representación gráfica de las nubes de vapor se muestra en la sección 7.2.2.

### 12.3.3 Sobre Presión Generada en un BLEVE

Aplicando las ecuaciones:

$$M_{TNT} = \alpha \Delta h_C M_F / 4200 \dots\dots\dots ec.(12.2.3.1)$$

$$\Delta P = 3068.4 M_{TNT}^{0.57183} / d^{1.7155} \dots\dots ec.(12.2.3.2)$$

Considerando la siguiente información:

$$M_F = 184590 \text{ kg (Tanque lleno al 90\%)}$$

$$\Delta h_C = 50028.8 \text{ KJ/Kg (Anexo 12.5.2)}$$

$$\alpha = 0.04$$

La masa equivalente de TNT será:

$$M_{TNT} = 87950.63 \text{ kg}$$

$$M_{TNT(BLEVE)} = 40\% M_{TNT} = 35180.25 \text{ Kg}$$

Los valores de sobre presión a diferentes distancias se muestran en la sección 7.2.3.

### 12.3.4 Radiación Térmica en un BLEVE

#### 12.3.4.1 Dimensiones la bola de fuego

$$D = a m^b \dots\dots\dots ec (12.2.4.1)$$

$$\theta = c m^d \dots\dots\dots ec (12.2.4.2)$$

$$H = 0.75 D \dots\dots\dots ec (12.2.4.3)$$

Considerando :

$$m = 184590 \text{ kg (Tanque lleno al 90\%)}$$

Se tienen los siguientes resultados:

**Tabla XXVII: Bola de Fuego**

Diámetro (m)	316.00
Duración (seg)	25.31
Altura (m)	237.00

**12.3.4.2 Intensidad de Calor**

$I = \zeta E_p F$ .....ec (12.2.4.4)

$\zeta = 2.02(P_w X_e)^{-0.09}$ .....ec (12.2.4.5)

$E_p = \eta m \Delta H_c / \pi D \theta$ .....ec (12.2.4.6)

$F = D^2/4r^2$ .....ec (12.2.4.7)

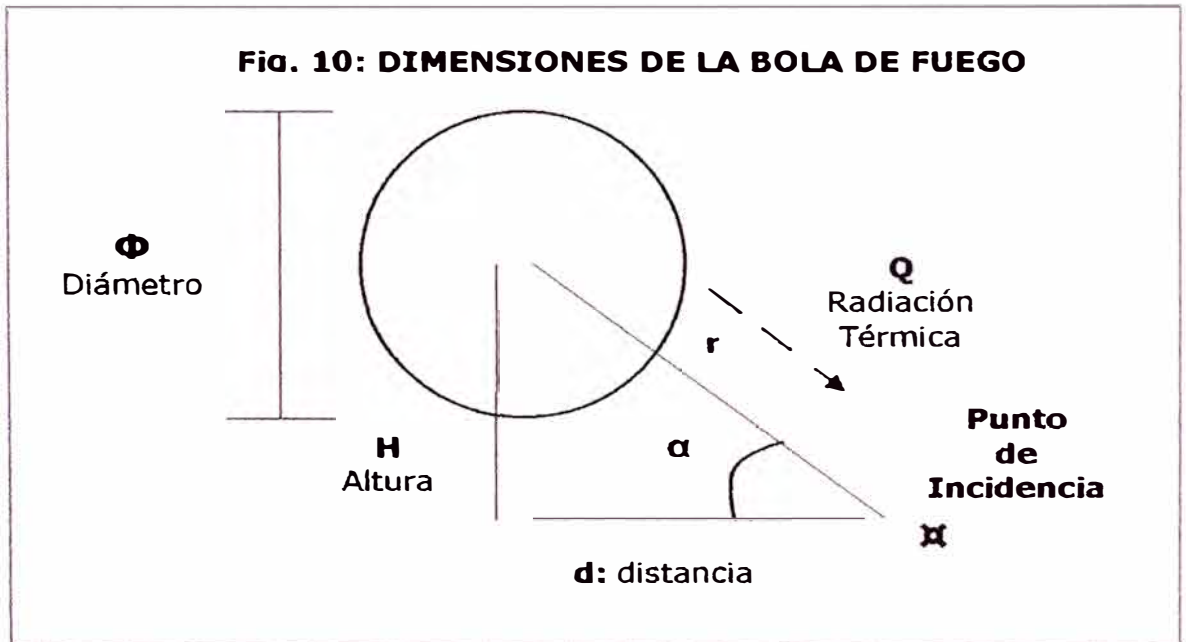
Donde:  $r^2 = H^2 + d^2$

Considerando:

$m = 184590$  kg (Tanque lleno al 90%)

$P_w = 1155$  KPa (20°C, HR =50%)

$\Delta H_c = 50028.8$  KJ/Kg (Anexo 12.5.2)



Los valores de intensidad de calor irradiado versus distancia muestran en la sección 7.2.4.

**12.3.5 Proyección de Fragmentos en un BLEVE**

$F_s = e^{(-0.6k)}$ .....ec. (12.2.5.1)

$F_e = e^{(-0.25k)}$ .....ec. (12.2.5.2)

Si la fracción de fragmentos laterales  $F_s$ , cae más allá de “ $k$ ” veces el radio de la bola de fuego, entonces la fracción que cae dentro de “ $k$ ” veces el radio de la bola de fuego será  $X = 1 - F_s$ . El mismo razonamiento para  $F_e$ .

Siendo el radio de la bola de fuego  $D/2$ , se tiene:

Alcance de fragmentos laterales:  $-(1/0.6)(\ln(1-x))D/2$   
 Alcance de fragmentos laterales:  $-(1/0.25)(\ln(1-x))D/2$

Con el valor del diámetro de la bola de fuego se tiene la siguiente tabla:

**Tabla XXVIII: Proyección de Fragmentos**

Fracción (%)	ALCANCE DE LOS FRAGMENTOS (m)	
	Laterales	Extremos
99	1213	2910
95	789	1893
90	606	1455
80	424	1017
70	317	761
60	241	579
50	183	438
40	135	323
30	94	225
20	59	141
10	28	67

### 12.3.6 Área Expuesta

La superficie de los recipientes cilíndricos de casquetes semiesféricos viene dado por la siguiente expresión:

$$A = \Phi \pi l + \pi \Phi^2 \dots \dots \dots \text{ec. (12.3.6.1)}$$

Donde:

- A** Área expuesta
- Φ** Diámetro del tanque
- π** 3.1416
- l** Longitud de la parte cilíndrica

**Tabla XXIX: Dimensiones de Tanques de GLP**

Tanque	Diámetro (m)	Longitud (m)	Área (m <sup>2</sup> )
100 000 gl	3.66	33.94	432.33
10 000 gl	2.28	9.76	86.24

### 12.3.7 Sistema de Enfriamiento: Número de Rociadores

Para el cálculo de la cantidad de rociadores emplearemos el manual de diseño de The Viking Corporation, U.S.A.(286-289). (ver anexo 12.5.5).



### **Tanque de 100 000 galones**

Longitud ( l )	33.94m(Sin casquetes)
Diámetro	3.66 m
<b>En las Hileras</b>	
Número de hileras	4
Angulo entre hileras	90°
Angulo de rociador	120°
Distancia a la superficie	0.6 m
Distancia a los extremos	a = 1.7m (máx.)
Distancia entre rociadores	b = 3.7m (máx.)
Número de rociadores $(l - 2a)/b + 1$	11 (incluye uno mas por seguridad)
Número total en hileras	44
<b>En los Casquetes</b>	
Para un diámetro de 3.66m y ángulo de 120°	
Número de rociadores por casquete	4 (Total 8)
<b>Total rociadores</b>	<b>52</b>

### **Cisterna 10000 galones**

Longitud ( l )	9.76m(Sin casquetes)
Diámetro	2.28m
<b>Resultados:</b>	
Número de hileras	3
Ángulo entre hileras	120°
Ángulo de rociadores	90°
Distancia a la superficie	0.6 m
Distancia a los extremos	a = 1.1 (máx.)
Distancia entre rociadores	b = 2.1m (máx.)
Número de Rociadores en hileras	18 (Total en hileras)
Rociadores en casquetes	6 (Total en casquetes)
<b>Total rociadores</b>	<b>24</b>

#### **12.3.8 Reserva de Agua contra incendio**

Conforme la norma NFPA 15 y el D.S. N° 052-93-EM, artículos del 97 al 100, se tiene los siguientes requerimientos:

Régimen de Enfriamiento	:	2.7 gpm/m <sup>2</sup>
Área total de Enfriamiento	:	820.10 m <sup>2</sup>
Flujo calculado por enfriam.:		2214.27 gpm
Tres chorros de agua Adicionales de 250 gpm	:	750 gpm
Tiempo mínimo de Suministro	:	4 horas
Reserva Total = (Flujo total requerido)(tiempo)		

### 12.3.9 Criterios de selección de la Bomba de Agua

	Requerido	Optimo
Caudal (gpm)	: 2964.3	3300
Presión de Descarga (PSI)	: 150.0	175
Potencia en (HP)		
$5.925 \times 10^{-4} \rho Q H / n$	: 351.3	456.2

Donde:

$\rho$ : Densidad del agua a 15.8°C = 1

$Q$ : Caudal en gpm

$H$ : Presión de descarga en PSI

$n$ : Eficiencia = 0.75

La selección del diámetro se realizó considerando las recomendaciones de la norma NFPA 20, para lo cual la velocidad en la succión y descarga no deben exceder los 15 pies/s (4.57m/s) y 10 pies/s (3.048m/s) respectivamente.

### 12.3.10 Red de Agua Contra incendio: Análisis Hidráulico de la Red Contra Incendio

Para el Análisis Hidráulico de la Red se tomarán en consideración los siguientes requerimientos:

**Tabla XXX: Red de Agua Contra Incendio**

Sistema	Presión residual (PSI)	Caudal mínimo (gpm)
Enfriamiento de tanques de GLP de 100 000gl (2)	20-30	2334.58
Enfriamiento del área de carga de cisternas (Solo los domos de las cisternas de 10 000 gl)	20-30	232.85
Tres Monitores 2 ½"	100-175	750.00
Total:	-	3317.43

Bajo estas condiciones, la conexión de salida más remota, el monitor M-8, deberá proveer el caudal y presión de salida mínima exigida por la ley.

Para comprobar si la bomba seleccionada cumple los requerimientos, haremos los cálculos en reversa. Es decir, a los valores de presión y caudal requeridos en el punto más extremos, le añadiremos las pérdidas de presión en los diferentes tramos y los caudales de descarga, hasta llegar a punto donde se encuentra localizada la bomba. Finalmente estos valores obtenidos serán comparados con los valores de diseño de la bomba.

**La tabla contigua muestra los cálculos realizados.**

**Tabla XXXI: Cálculo Hidráulico de la Tubería Contra Incendio**

**DEMANDA REQUERIDA**

	Enfriamiento	M-8	M-7	M-6	Total
Caudal (gpm)	2567	250	250	250	3317
Descarga (PSI)	20-30	>100	>100	>100	>100

Nota: M-8 es la ubicación del monitor mas lejano en la red contra incendio

**DATOS**

Tubería: Ced 40 de Acero			
Caudal (gpm)	Pérdida (PSI/m)		
	4"	8"	12"
250	0.0522	0.0018	
500		0.0061	
750		0.0138	
2400		0.1280	
2600		0.1378	0.0190
3500			0.0326

Accesorio	Diam (pulg)	LE (m)
Tee Est.	8	13.72
Tee Est.	12	20.73
Cod90°LS	8	4.51
Codo 45°	8	3.05
Cod90°LS	4	5.40
Reduc	12/8	1.55
Válv. Diluvio	8	16.15
Tee Est.	4	7.32

**- CÁLCULOS**

**MONITORES CONTRA INCENDIO**

Ubicación	Descarga (gpm)		Tramo	Diam. (pulg)	Caudal (gpm)	Longitud (m)			Pérdida (PSI)		Presión (PSI)
	Requerido	Acumulado				Real	Equiv	Total	Parcial	Total	
M-8	250			8							100.00
			M7-M8	8	250	62	33.53	95.53	0.17	0.17	
M-7	250	500		8							100.17
			M6-M7	8	500	80	18.23	98.23	0.60	0.78	
M-6	250	750									100.78
			Q-M6	8	750	213	95.38	308.38	4.26	5.03	
Q		<b>750</b>		10							<b>105.03</b>
<b>Requerido en Q por monitores:</b>										<b>gpm</b>	<b>PSI</b>
										<b>750</b>	<b>105.03</b>

**ENFRIAMIENTO DE TANQUES**

U	233			4							30.00
			S-U	4	233	17	31.83	48.83	2.55	2.55	
T	2335			8							30.00
			S-T	8	2335	15	27.43	42.43	5.43	5.43	
S	2568	2568		8							35.43
			R-S	8	2568	14	50.60	64.60	8.90	14.33	
R	2568	2568		12							44.33
			Q-R	12	2568	22	20.73	42.73	1.39	15.73	
Q		<b>2568</b>		12							<b>45.73</b>
<b>Requerido en Q por enfriamiento:</b>										<b>gpm</b>	<b>PSI</b>
										<b>2568</b>	<b>45.73</b>

**I.- REQUERIDO EN EL PUNTO Q**

Seleccionamos la suma de caudales y la mayor pérdida de presión:

Ubicación	Descarga (gpm)		Tramo	Diam. (pulg)	Caudal (gpm)	Longitud (m)			Pérdida (PSI)		Presión (PSI)
	Requerido	Acumulado				Real	Equiv	Total	Parcial	Total	
Q		<b>3318</b>									<b>105.03</b>

NOTA: La Ubicación de los puntos y los tramos arriba mencionados se ubican en el plano del anexo 12.8.4

**ANEXO 12.4.**

**TABLAS DE ANÁLISIS HAZOP**

**Tabla XXXII: HAZOP 12.4.1  
ANALISIS EN EL TANQUE T1 DE GLP**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Menos	Presión	Descenso de la Presión en el tanque T1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atascamiento de Válvula de purga: V7y V8.</li> <li>2. Deterioro de empaques en las bridas de las válvula: V3, V2 ó V1 e inoperatividad de válvulas de excesos de flujo: V4, V5, V6 ó V9.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuga de gas y formación Nube de vapor.</li> <li>- Si la nube encuentra una fuente de ignición podría generarse: UVCE, CVCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de un detector continuo de gases calibrado al LII del butano: 1.8%.</li> <li>- Nebulizar con agua la nube de vapor. Bajo un régimen no menor a 5 lpm/m2 (NPA15).</li> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas.</li> </ul>
Más	Presión	Incremento significativo de la Presión de trabajo en el tanque T1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Incidencia de calor externo sobre el tanque T1.</li> </ol>	Fatiga del acero y colapso del tanque. Generación de un BLEVE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar sistema de enfriamiento por rociado a un régimen de 10.2 lpm/m2, activado automáticamente por sensor de temperatura (NFPA 15).</li> <li>- Diseño del tanque: válvula de alivio de emergencia por fuego.</li> <li>- Eliminar fuente de ignición.</li> </ul>
Más	Temperatura	Incremento significativo de la Temperatura de trabajo del tanque T1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Igual que en 3.</li> <li>5. Trabajos en caliente sin autorización sobre el tanque o conexión aledaña.</li> <li>6. Conato de incendio alrededor del tanque</li> </ol>	Igual que para 3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que en 3.</li> <li>- Señalización visible de no hacer fuego abierto.</li> <li>- Implementar procedimientos para trabajos en caliente.</li> </ul>
Menos	Temperatura	Descenso significativo de la	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Igual que en 1 y 2</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nube de vapor, UVCE o CVCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo mismo que para 1 y 2</li> </ul>

**Tabla XXXII: HAZOP 12.4.1  
ANALISIS EN ELTANQUE T1 DE GLP**

		temperatura de operación			
Mas	Nivel	Incremento del nivel permitido de llenado 90%	8. Inadecuado control de transferencia de producto al tanque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce espacio de confinamiento de vapor.</li> <li>- Ante un significativo aumento de la temperatura atmosférica se incrementa la presión de la fase gaseosa.</li> </ul>	-
Menos	Nivel	Descenso no controlado del nivel	9. Fuga de producto por las razones descritas en 1 y 2. 10. Evaporación por fuego expuesto al casco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nube de vapor, UVCE o CVCE</li> <li>- Lo mismo que en 3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo mismo que en 1 y 2</li> <li>- Lo mismo que en 3</li> </ul>
No	Conexión a tierra	Sin conexión a tierra.	11. Rotura y/o desconexión de cable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de corriente estática y chispa eléctrica.</li> <li>- Conato de incendio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que en 4.</li> <li>- Inspección periódica de la conexión a tierra.</li> </ul>

**Tabla XXXIII: HAZOP 12.4.2  
ANALISIS EN LAS LINEAS DE TRANSFERENCIA L1, L2 y L3 DE GLP.**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Más	Presión	Aumento significativo de la presión en la línea L1 (4pulg.)	1. Atascamiento de Válvulas: V3 ó V6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotura de la válvula de alivio hidrostático PRV-2 seteada a 450 psig.</li> <li>- Fuga de gas y formación Nube de vapor.</li> <li>- Si la nube encuentra una fuente de ignición podría generarse: UVCE, CVCE o deflagrar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de un detector continuo de gases calibrado al LII del butano: 1.8%</li> <li>- Nebulizar con agua la nube de vapor con un régimen no menor a 5 lpm/m2 (NFPA 15).</li> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas.</li> <li>-</li> </ul>
Menos	Caudal	Descenso del caudal en la línea L1 (4pulg) de carga al tanque T1, registrado en FI-1	2. Atascamiento de Válvulas: V3 ó V6. 3. Ausencia de producto por problemas externos a la planta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo mismo que en 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo mismo que para 1</li> <li>- Monitorear las operaciones de transferencia vía radio con la otra planta.</li> </ul>
Más	Caudal	Aumento del caudal en la línea L1 de carga al tanque T1, registrado en FI-1	4. Aumento en el caudal por problemas externos a la planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbulencia en la línea y deterioro los soportes.</li> <li>- Dificultad para controlar el nivel de llenado del tanque T1.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de las operaciones de transferencia vía radio.</li> </ul>



**Tabla XXXIII: HAZOP 12.4.2  
ANALISIS EN LAS LINEAS DE TRANSFERENCIA L1, L2 y L3 DE GLP.**

Menos	Caudal	<p>Descenso del caudal en cualquiera de las líneas de carga a las cisternas: L2A O L2B</p>	<p>5. Atascamiento de las válvulas: VA2, VA4, VA6, VA11, VB2, VB4, VB6 ó VB11.</p> <p>6. Inoperatividad de los compresores A o B.</p> <p>7. Rotura de conexiones flexibles (mangueras) FA2 ó FB2, por deterioro o por arranque de cisternas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotura de manguera FA2 ó FB2.</li> <li>- Si los compresores A y B siguen operando se producirá una implosión en los tanques de las cisternas TA ó TB.</li> <li>- Paralización de la transferencia.</li> <li>- Fuga de gas y formación de la nube de vapor. Podría generarse: UVCE, CVCE ó deflagrar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que para 1.</li> <li>- Implementar un sistema de bloqueo de flujo de acción remota y en el sitio. Válvulas de bloqueo SHUT OFF: VA2 y VB2. (NFPA 58).</li> <li>- Monitorear la operación de transferencia de extremo a extremos.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de compresores y mangueras.</li> </ul>
Menos	Presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caída significativa de la presión en la línea de retorno de vapores L3, registrado en PI-A ó PI-B</li> </ul>	<p>8. Rotura de mangueras flexibles FA1 ó FB1.</p> <p>9. Inoperatividad del compresor A o B.</p>	Igual que para 6.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que para 1.</li> <li>- Implementar un sistema de bloqueo de flujo con válvulas de bloqueo: VA3 y VB3.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de compresores.</li> </ul>

**Tabla XXXIV: HAZOP 12.4.3  
ANALISIS EN LAS CISTERNAS TA y TB DE GLP**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Menos	Presión	Descenso de la Presión en las cisternas TA ó TB.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atascamiento de Válvula de purga: VA7 y VA8 ó VB7 y VB8.</li> <li>2. Deterioro de empaques en las bridas de las válvulas: VA3, VA4, VB3 ó VB4 e inoperatividad de válvulas de excesos de flujo: VA5, VA6, VB5 ó VB6.</li> <li>3. Ruptura de mangueras FA1, FA2, FB1 ó FB2 debido a deterioro o partida de sistemas.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuga de gas y formación Nube de vapor.</li> <li>- Si la nube encuentra una fuente de ignición podría generarse: UVCE, CVCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de un detector continuo de gases calibrado al LII del propano.</li> <li>- Nebulizar con agua la nube de vapor.</li> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas.</li> <li>- Implementar procedimientos de arranque de camiones cisternas</li> </ul>
Más	Presión	Incremento significativo de la Presión de trabajo en las cisternas TA ó TB.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Incidencia de calor externo sobre las cisternas TA ó TB.</li> </ol>	Fatiga del acero y colapso del tanque. Generación de un BLEVE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar agua de enfriamiento a un régimen de 10.2 lpm/m<sup>2</sup>.</li> <li>- Instalar monitores contraincendio en las cercanías.</li> <li>- Eliminar fuente de ignición.</li> <li>- Factor de diseño del tanque: provisionar de válvula de emergencia por fuego.</li> </ul>
Más	Temperatura	Incremento significativo de la Temperatura de trabajo de las cisternas TA ó TB.	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Igual que en 3.</li> <li>6. Trabajos en caliente sin autorización sobre el tanque.</li> <li>7. Conato de Incendio</li> </ol>	Igual que para 3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que en 3.</li> <li>- Señalización visible de no hacer fuego abierto.</li> <li>- Implementar los procedimientos para trabajos en caliente.</li> </ul>
Menos	Temperatura	Descenso significativo	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Lo mismo que 1, 2 y 3</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nube de vapor, UVCE o CVCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lo mismo que para 1, 2 y 3.</li> </ul>

**Tabla XXXIV: HAZOP 12.4.3  
ANALISIS EN LAS CISTERNAS TA y TB DE GLP**

		de la temperatura de operación en las cisternas TA ó TB			
Mas	Nivel	Incremento del nivel permitido de llenado 90%	9. Inadecuado control de transferencia de producto a la cisterna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce espacio de confinamiento de vapor.</li> <li>- Ante un significativo aumento de la temperatura atmosférica se incrementa la presión de la fase gaseosa.</li> </ul>	-
Menos	Nivel	Descenso no controlado del nivel del tanque cisterna	10. Fuga de producto por las razones descritas en 1 y 2. 11. Evaporación de producto por fuego expuesto en el casco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nube de vapor, UVCE o CVCE</li> <li>- Lo mismo que en 3</li> </ul>	- Lo mismo que en 1, 2 y 3.
No	Conexión a tierra	Sin conexión a tierra.	12. Rotura y/o desconexión de cable.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de corriente estática y chispa eléctrica.</li> <li>- Conato de incendio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que en 4.</li> <li>- Inspección periódica.</li> </ul>

**Tabla XXXV : HAZOP 12.4.4  
ANALISIS EN EL TANQUE T-2 DE DIESEL 2**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Menos	Nivel	Descenso del nivel del tanque T2 sin transferencia de producto.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuga de producto debido a válvulas de purga abiertas: V44 y V55.</li> <li>2. Fuga de producto por válvula V66 averiada.</li> <li>3. Fuga de producto por deterioro de sello asfáltico.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Derrame y si hay una fuente de ignición cercana se producirá un incendio.</li> <li>- Contaminación del suelo y la napa freática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas y sello asfáltico.</li> <li>- Implementar un programa de monitoreo y registro de los niveles del tanque.</li> <li>- Impermeabilizar área estanca</li> </ul>
Más	Nivel	Incremento significativo del nivel de operación del tanque T2.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Inadecuado control de la operación de abastecimiento a la planta.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fatiga del acero y colapso del tanque debido a la presión ejercida por el producto.</li> <li>- Derrame de producto.</li> <li>- Igual que para 1, 2 y 3.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición.</li> <li>- Monitoreo de las operaciones de abastecimiento de la planta vía radio.</li> </ul>
Más	Temperatura	Incremento significativo de la Temperatura de trabajo del tanque T2.	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Trabajos en caliente sin autorización en el exterior del tanque.</li> <li>6. Conato de incendio en los alrededores e incidencia de la llama sobre el tanque.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incendio y/o explosión.</li> <li>- Fatiga del acero y colapso del tanque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición.</li> <li>- Enfriar la superficie del tanque por aplicación de chorro directo de agua con monitores</li> <li>- Aplicar espuma sobre la superficie del líquido a un régimen no menor a 6.5 lpm/m2.</li> <li>- Señalización visible de no hacer fuego abierto.</li> <li>- Implementar procedimientos para trabajos en caliente.</li> <li>- Diseño del tanque: Unión débil entre el techo y el último anillo. Elemento de desfogue de presión</li> </ul>
No	Conexión a tierra	Sin conexión a tierra.	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Rotura y/o desconexión de cable.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de corriente estática y chispa eléctrica.</li> <li>- Conato de incendio</li> <li>- Igual que para 6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección periódica de la conexión a tierra.</li> </ul>

**Tabla XXXVI: HAZOP 12.4.5  
ANALISIS EN LAS LINEAS DE TRANSFERENCIA L11 Y L22 DE DIESEL 2.**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Meno	Caudal	Descenso del caudal en la línea L11 de carga al tanque T2. Medidor FI-1	1. Atascamiento de Válvulas: V11. 2. Ausencia de producto por problemas externos a la planta	- Rotura de válvula de alivio hidrostático PRV-5 y fuga de producto. Si hay fuente de ignición se producirá un incendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas.</li> <li>- Monitorear las operaciones de transferencia vía radio con la otra planta.</li> </ul>
Más	Caudal	Aumento del caudal en la línea L11 de carga al tanque T2. Medidor FI-1	3. Aumento en el caudal por problemas externos a la planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbulencia en la línea y deterioro los soportes.</li> <li>- Dificultad para controlar el nivel de llenado del tanque T2.</li> </ul> <p>Colapso del tanque</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitoreo de las operaciones de transferencia vía radio.</li> <li>- Diseño del tanque: unión débil entre el techo y el último anillo.</li> </ul>
Menos	Caudal	Descenso del caudal en la línea L22 de carga a la cisterna. Medidor FI-2	4. Atascamiento de las válvulas: V66, V77, V88, ó V99.  5. Inoperatividad de la bomba B11	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Igual que para 1.</li> <li>- Rotura de manguera F11.</li> <li> </li> <li>- Paralización de la transferencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que para 1.</li> <li>- Implementar un sistema de bloqueo de flujo con una válvula Shut Off: V77 de acción remota y en el sitio.</li> <li>- Monitorear la operación de transferencia de extremo a extremos.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de bomba</li> </ul>
Menos	Caudal	Descenso del caudal en la línea de carga L22. Medidor FI-3	6. Rotura de manguera flexible F11 por deterioro o partida de cisterna.	Fuga de producto e incendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que para 4 y 5.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de mangueras.</li> <li>- Implementar procedimiento de control para el arranque de cisternas</li> </ul>

**Tabla XXXVII: HAZOP 12.4.6  
ANALISIS EN LA CISTERNA T-C DE DIESEL 2**

Palabra Guía	Parámetro	Desviación	Causa Posible	Consecuencia	Comentarios y Acciones Correctivas
Menos	Nivel	Descenso del nivel del tanque cisterna T-C	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuga de producto debido a válvulas de purga abiertas: V99b y V99c.</li> <li>2. Fuga de producto por deterioro de empaques en bridas de válvula V99.</li> <li>3. Rotura de mangueras por deterioro o por partida de cisternas</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Derrame e incendio con fuente de ignición próxima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición cercana.</li> <li>- Restringir el área.</li> <li>- Mantenimiento preventivo de válvulas, líneas y mangueras.</li> <li>- Implementar procedimientos de arranque de cisternas.</li> </ul>
Más	Nivel	Incremento significativo del nivel de operación del tanque cisterna T-C.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Inadecuado control de la operación de transferencia de producto a las cisternas</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fatiga del acero y colapso del tanque debido a la presión ejercida por el producto.</li> <li>- Derrame de producto e incendio.</li> <li>- Igual que para 1 y 2.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La misma consideración que para 1 y 2.</li> <li>- Mejor control de las operaciones de transferencia, vía radio.</li> </ul>
Más	Temperatura	Incremento significativo de la Temperatura de trabajo del tanque T1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>5 Trabajos en caliente sin autorización en el tanque cisterna.</li> <li>6 Conato de incendio en los alrededores.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fatiga del acero y colapso del tanque.</li> <li>- Incendio y/o explosión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar fuente de ignición.</li> <li>- Aplicar espuma contra incendio y refrigerar con monitores de agua.</li> <li>- Señalización visible de no hacer fuego abierto.</li> <li>- Implementar procedimientos para trabajos en caliente.</li> </ul>
No	Conexión a tierra	Sin conexión a tierra.	<ol style="list-style-type: none"> <li>7 Rotura y/o desconexión de cable.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de corriente estática y chispa eléctrica.</li> <li>- Conato de incendio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspección periódica de la conexión a tierra.</li> </ul>

**ANEXO 12.5**

**DATOS TÉCNICOS**

## DATOS TÉCNICOS 12.5.1

Tabla XXXVIII: Propiedades Fisicoquímicas del GLP

ENSAYOS	RESULTADOS	Método ASTM
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Especifica a 15.6/15.6°C	0.535 - 0.560	D-1657,D-2598
Presión de vapor a 37.8°C, psig	116 – 140	D-1267,D-2598
<b>COMPOSICION</b>		
Hidrocarburos C3	45 – 60	D-2163
Hidrocarburos C4	55 – 40	D-2163
<b>MATERIA RESIDUAL</b>		
Residuo evaporación de 100 ml.,ml	0.03	D-2158
Prueba de la mancha de aceite	Pasa	D-2158
<b>CORROSIVIDAD</b>		
Corrosión lamina de cobre, 1h a 37.8 °C, N°	1 <sup>a</sup>	D-1838
PODER CALORÍFICO, BTU/GAL	97,200	Calculado

Cortesía: PETROPERU



**TABLA 12.5.2**

**Tabla XXXIX: Propiedades de las mezclas de Propano-Butano**

Nombre	Propano Comercial	Butano Comercial	Mezcla Comercial Propano-Butano									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de Fórmula	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>INSPECCIONES</b>	<b>CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS PROPANO - BUTANO</b>											
<b>COMPOSICION, %Vol</b>												
Propano	100	----	90	80	70	65	60	55	50	45	40	30
Butanos	----	100	10	20	30	35	40	45	50	55	60	70
Pentanos y mas pesados	Nulo	2.00	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.00	1.1	1.2	1.8
<b>VOLATILIDAD</b>												
Presión de Vapor a 37.8°C, PSIG	208	70	206	191	176	168	160	153	145	138	130	115
Gravedad Especifica a 15.6/15.6 °C	0.5033	0.5835	0.5113	0.5193	0.5274	0.5314	0.5354	0.5394	0.5434	0.5474	0.5514	0.5594
Densidad a 15.6°C, Lb/gal	4.1865	4.8553	4.2757	4.3424	4.4174	4.4511	4.4841	4.5175	4.5508	4.5543	4.6179	4.6514
<b>COMBUSTION</b>												
Poder Calórico, Btu/lb	21,690	21,290	21,650	21,610	21,570	21,550	21,530	21,510	21,490	21,470	21,450	21,410
<b>USOS</b>												
Norma ASTM D-1835-91	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial Industrial	Doméstico Comercial	Doméstico Comercial	Doméstico Comercial
<b>CLIMA</b> (Norma ASTM D-1835-91)	MuyFrio	Cálidos	Frío	Frío	Frío	Frío	Moderado	Intermedia	Intermedia	Cálidos	Cálidos	Cálidos
<b>REQUISITO DEL COMBUSTIBLE</b> (Norma ASTM D-1835-91)	Alta Volatilidad	Baja Volatilidad	Alta Volatilidad	Alta Volatilidad	Alta Volatilidad	Moderado Volatilidad	Moderado Volatilidad	Volatilidad Intermedia	Volatilidad Intermedia	Baja Volatilidad	Baja Volatilidad	Baja Volatilidad
<b>APLICACIÓN-EQUIPOS</b> (Norma ASTM D-1835-91)	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.	Baja Sever. Combust.

(Fuente: PETROPERU)

### DATOS TÉCNICOS 12.5.3

**Tabla XL: Propiedades Fisicoquímicas del Diesel 2**

ENSAYOS	RESULTADOS	Método ASTM
<b>APARIENCIA</b>		
Color ASTM	1.5	D-1500
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad API a 15.6°C	33.6	D-287
Punto de inflamación, °C	65	D-93
Destilación, °C		D-86
50%V recuperado	295	
90%V recuperado	350	
<b>FLUIDEZ</b>		
Viscosidad cinemática a 37.8°C	4.2	D-445
Punto de escurrimiento, °C	-9	D-97
<b>COMPOSICION</b>		
Azufre, % masa	0.31	D-4294
Residuo carbón Conradson, 10% fondos, % masa	0.02	D-189
<b>CONTAMINANTES</b>		
Agua y sedimentos, % vol	0	D-1796
Cenizas, % masa	0.001	D-482
<b>CORROSIVIDAD</b>		
Corrosión lámina de cobre, 3 h a 50°C, N°	1a	D-130
<b>COMBUSTION</b>		
Indice de cetano	50	D-976
Poder calorífico, BTU/gal	139,500	Calculado

Cortesía: PETROPERU

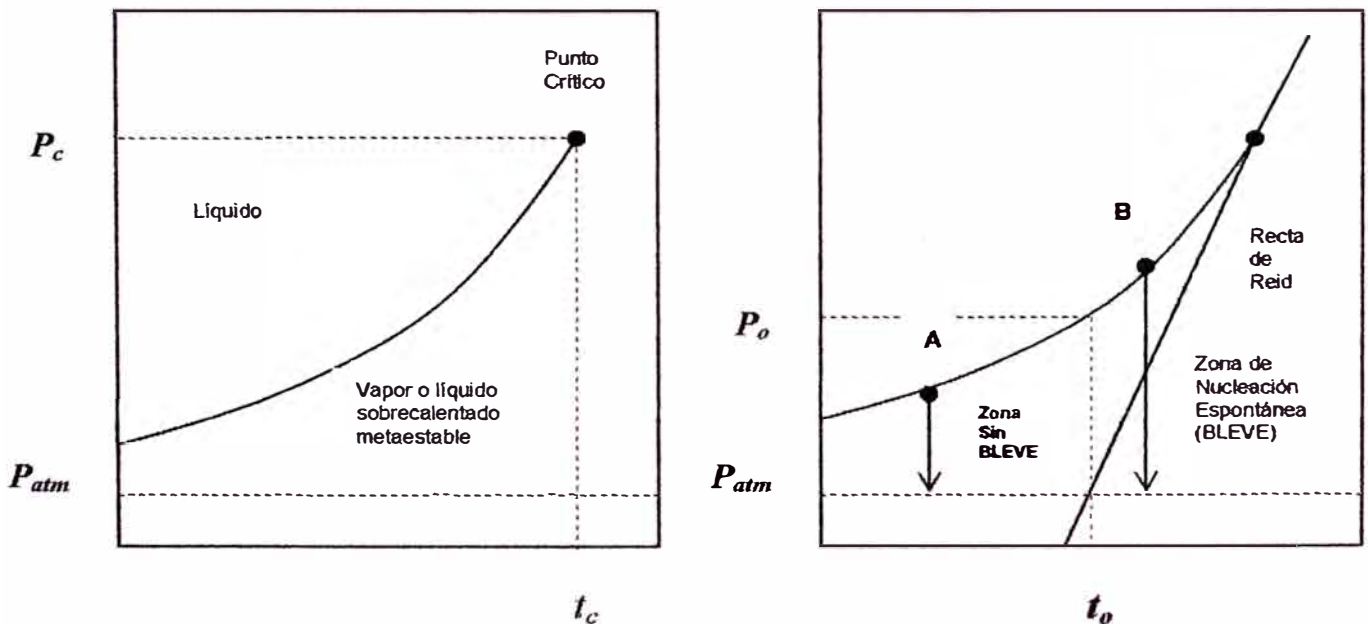
## DATOS TÉCNICOS 12.5.4

### EL FENÓMENO BLEVE

Las condiciones para que se de un BLEVE son:

- 1.- Líquido en equilibrio con su vapor, a presión superior a la atmosférica y a temperatura superior a la que corresponde al equilibrio a presión atmosférica.
- 2.- Despresurización brusca. Puede ser por fallo del recipiente, a causa del debilitamiento producido por un incendio exterior, a causa de impacto, etc. También por apertura de un disco de ruptura o válvula de seguridad con tara o caudal excesivo erróneo. Así mismo, puede darse por dilatación de la fase líquida.
- 3.- Que el grado de sobrecalentamiento, en la situación de despresurización que suele ser a presión atmosférica, sea suficiente para que se produzca el fenómeno de **nucleación espontánea**, definido por Reid (formación súbita y simultánea de burbujas en toda la masa del líquido). Si el sobrecalentamiento no es suficiente, se producirá una evaporación importante, pero no el fenómeno BLEVE. La nucleación espontánea es "la formación de  $10^6$  núcleos por  $\text{mm}^3$  en un milisegundo" (Storch 52).

Fig. 11: Diagrama de Equilibrio  $P-t$



A) Condiciones iniciales en la que una despresurización no puede producirse BLEVE; B) Condiciones iniciales en que una despresurización súbita puede producirse BLEVE.

B)

$t_0$  Temperatura por debajo de la cual no puede producirse BLEVE; por encima; sí.

$P_0$  Presión (inicial) de equilibrio líquido-vapor que corresponde a  $t_0$ .

## **DATOS TÉCNICOS 12.5.5**

### **Tablas XLI: CÁLCULOS HIDRÁULICOS**



**DESIGN DATA**

**WATER SPRAY DESIGN**

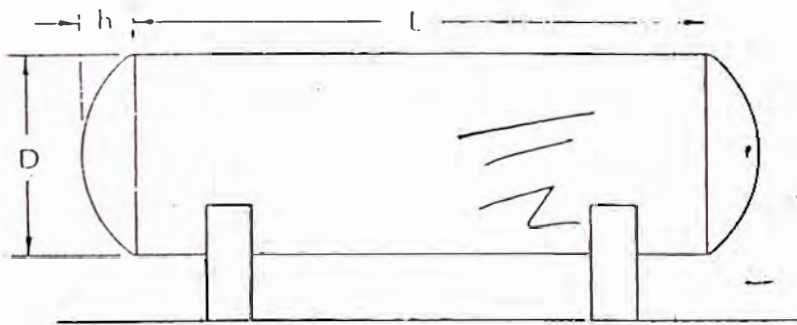
No grade protection is required when the surface readily absorbs the flammable liquid.

Often, because of transformer configuration and electrical clearances, it will not be possible to locate spray nozzles close to the areas that they are expected to protect. When the installation is outside, the effect of the wind must be seriously considered. Small spray nozzles operating at high pressure produce small drops that are particularly susceptible to being blown away by the wind. It may be necessary to increase water density in questionable conditions.

If the total amount of water delivered into each design area by the probable nozzle arrangement (using the assumed nozzle pressure and the smallest available capacity nozzles) determine the amount of water discharged by each nozzle and the total amount of water in each design area.

Compare the water delivered to the design area by the probable nozzle arrangement with that required. Increase or reduce nozzle sizes and pressures as necessary. (Note that because of the irregularities of transformers, many nozzles are required to provide coverage. In addition, because of electrical clearances, some of these nozzles are required to throw at maximum distances. For this reason it may not be possible to reduce the number of nozzles or the operating pressure far enough to approach the minimum. In practice it may be possible to reduce the required pressure below 30 psi (2.0 bars); however, this should not be done in the design stage.)

**Fig. 2a—Design Area of Horizontal Tank**



Area of Shell =  $A_s = \pi DL$

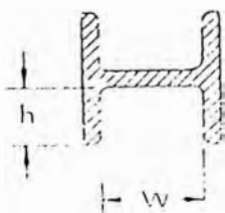
Area of Ends — Flat  $A_e = \pi \frac{D^2}{4}$

Area of Ends — (Spherical), Convex or Concaved  $A_e = \pi \left( \frac{D^2}{4} + h^2 \right)$

Area of Ends — Hemispherical  $A_e = \frac{\pi D^2}{2}$

Total Area =  $A_t = A_s + A_{e1} + A_{e2}$

**Fig. 2a—Design Area of Leg**



Length = l  
Design Area =  $A_l = (w + h)l$

**Fig. 2b—**

For I-Beam or Channel



**Fig. 2c—**

For Round



Design Area  $A_l = \pi DI$

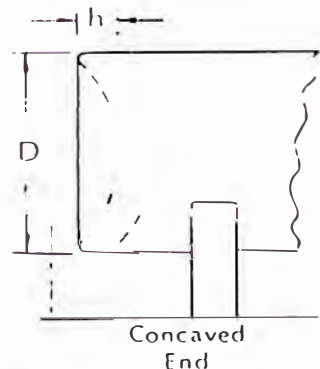
**III — TABLES & FORMULAS**  
**TABLE A, COMMONLY ACCEPTED DENSITIES**

**CAUTION**

These design procedures are provided to you only for the general guidance of your water spray system designers. They contain broad outlines of the types of considerations which enter into the design of water spray systems. Because of the many different types of equipment and applications encountered in practice, we cannot provide general system design which will satisfy all the varying needs of our customers. Therefore, you must rely on the expertise of your system designer and encourage him to use all available information from the owner, insurance authorities and local governmental units. Viking does not warrant or guarantee that following these procedures will result in satisfactory system design for your particular project.

	GPM/FL. Sq.	MM/Min.
Transformers		
Top & sides	25	12.2
Bottom	25	12.2
Grade	15	7.3
Pipe Racks		
Pipe surface	10	4.9
Maximum overplan area projected on grade	50	24.4
Legs	10	4.9
Tanks		
Shells	25	12.2
Supports	25	12.2

**Fig. 1b—**



Concaved End

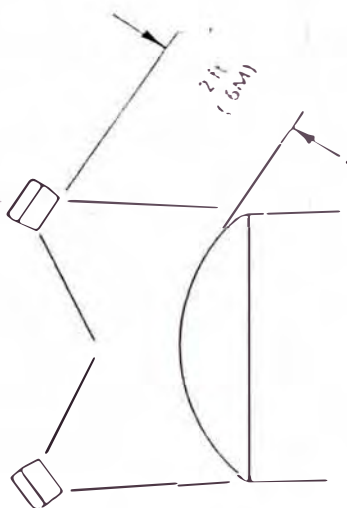


DESIGN DATA

WATER SPRAY DESIGN

TABLE B  
Water Spray Protection  
Vertical Tanks: Top and Bottom  
Horizontal Tanks: Ends

Generally accepted maximum tank diameters for effective coverage by generally uniformly spaced spray nozzles located 2 ft (0.6M) from the surface of vertical or horizontal tank ends of Flat, Concave or Convex form.



MAXIMUM TANK DIAMETER FOR VARIOUS ANGLE NOZZLES									
30°		60°		90°		120°		140°	
Fl.	M	Fl.	M	Fl.	M	Fl.	M	Fl.	M
1.4	.43	3.0	.86	5.0	1.52	8.5	2.6	11	3.4
1.8	.52	4.0	1.22	6.5	2.0	9.5	2.9	12.5	3.8
2.4	.74	5.0	1.52	10.5	3.2	11.9	3.3	14.0	4.2
3.0	.86	6.0	1.84	12.0	3.6	18.0	5.5	22.5	6.8
4.0	1.22	8.5	2.6	15.0	4.6	25.0	7.6	32.0	9.7
4.7	1.43	9.7	2.9	17.5	5.4	29.0	8.8	43.0	13.1
6.4	1.93	11.0	3.3	20.0	6.1	34.0	10.4	48.0	14.8
7.1	2.2	14.0	4.1	23.0	7.0	43.0	13.1	53.0	16.1
7.9	2.4	15.5	4.7	27.5	8.4	47.0	14.2	59.0	17.8
8.5	2.6	17.0	5.2	30.0	9.2	51.0	15.5	64.0	19.4
9.2	2.8	18.0	5.5	32.0	9.7	55.0	16.6	68.0	21.5
9.8	3.0	19.0	5.8	34.0	10.4	58.0	17.5	73.0	22.2



# DESIGN DATA

## WATER SPRAY DESIGN

**TABLE C**  
Water Spray Protection  
Vertical and Horizontal Tank Shells

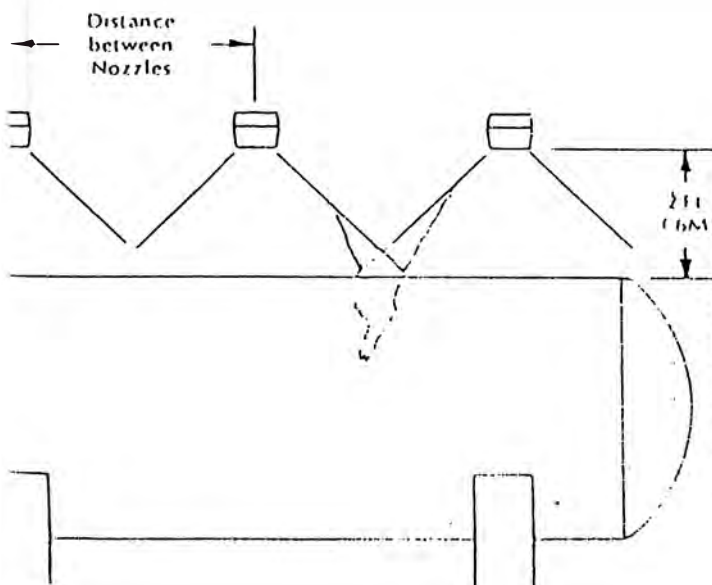
Optimized maximum tank diameters for effective coverage by equal radially spaced spray nozzles located 2 ft (.6M) above the top of vertical or horizontal tanks.



MAXIMUM TANK DIAMETER FOR VARIOUS ANGLE NOZZLES

	30°		60°		80°		120°		140°	
	Ft.	M	Ft.	M	Ft.	M	Ft.	M	Ft.	M
	0.8	.24	1.5	.46	2.3	.69	3.4	1.0	4.5	1.4
	1.5	.46	3.0	.92	4.6	1.4	6.8	2.1	9.2	2.8
	2.3	.70	4.6	1.4	6.9	2.1	10.5	3.2	14.2	4.3
	2.8	.85	5.6	1.7	8.4	2.5	12.5	3.8	17.1	5.2
	3.4	1.0	6.8	2.1	10.2	3.1	14.8	4.5	20.0	6.1
	4.0	1.2	8.0	2.4	12.0	3.7	17.7	5.4	24.0	7.3
	4.5	1.4	9.2	2.8	13.8	4.2	19.5	5.9	26.7	8.1
	5.2	1.6	10.4	3.2	15.6	4.7	21.9	6.6	30.8	9.3
	5.8	1.8	11.7	3.6	17.5	5.3	24.5	7.4	35.1	10.6
	6.5	2.0	12.9	3.9	19.4	5.9	27.7	8.2	38.8	11.7
	7.1	2.2	14.2	4.3	21.3	6.5	30.8	9.3	42.6	12.9
	7.7	2.4	15.5	4.7	23.2	7.1	34.0	10.3	45.0	13.6
									58.0	17.6

overspray at 2 Ft. (.6M)



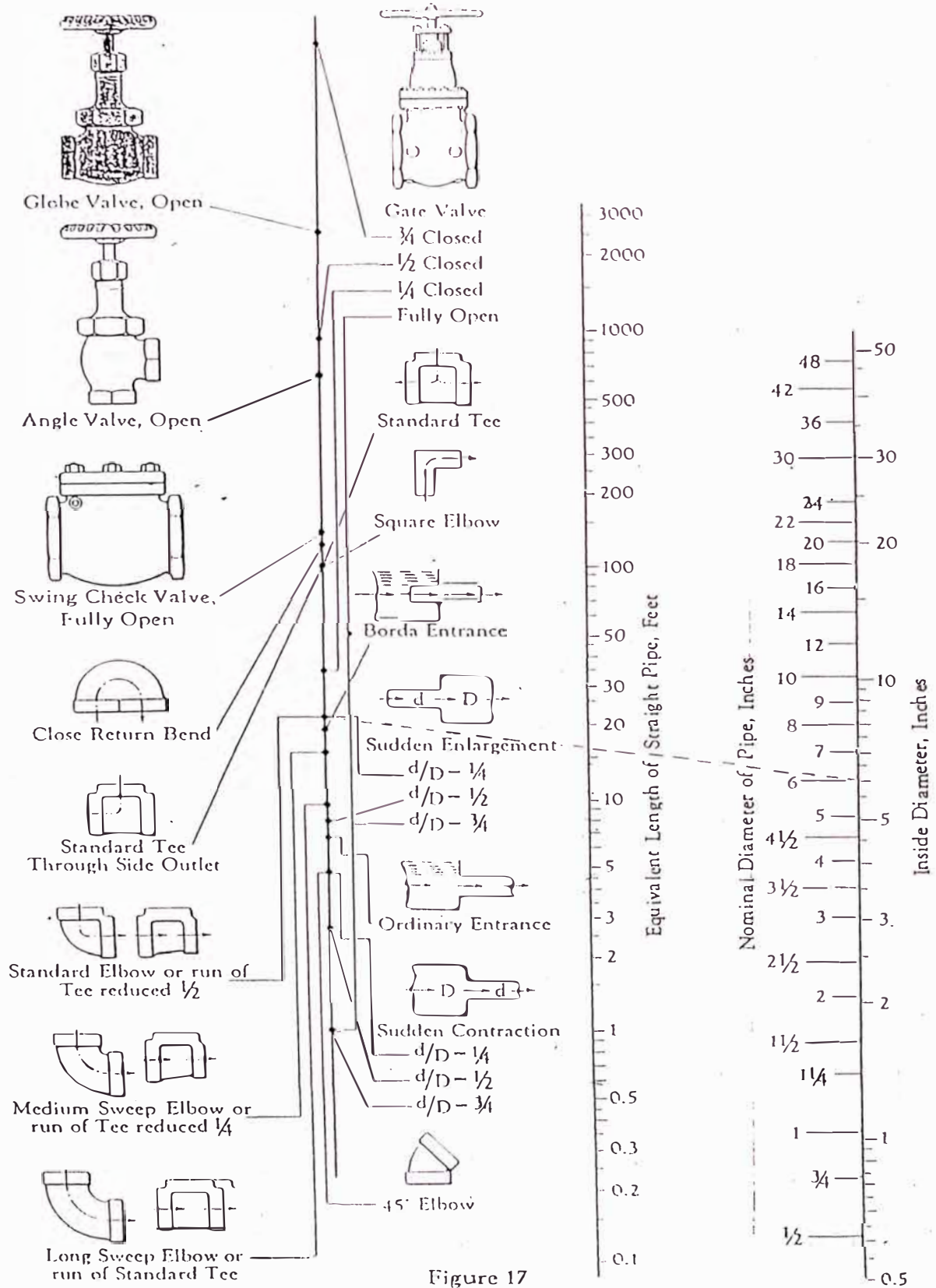
LOCATION OF TANK RINGS - HORIZONTAL TANKS ONLY

Nozzle Angle	Max. Distance Nozzle to End Seam of Tank		Max. Distance Between Nozzles	
	Ft.	M	Ft.	M
30°	2	.6	2	.6
60°	4	1.2	4	1.2
80°	7	2.1	7	2.1
120°	12	3.7	12	3.7
140°	15	4.6	15	4.6





## Resistance of Valves and Fittings to Flow of Fluids



## **Datos Técnicos 12.5.6**

### **Conclusiones y Recomendaciones del Estudio de Suelo**

- 1.- El suelo del área en estudio está constituido de materiales finos parcialmente húmedos, debido a que estos suelos han sido de uso agrícola.
- 2.- Se recomienda cimentar la estructura a una profundidad mínima de 1.50m para este tipo de edificaciones y para el tipo de cimentación calculada en este estudio.
- 3.- El tipo de cimentación recomendada es en base a zapatas cuadradas, las cuales serán arriostradas en vigas de cimentación y calculadas de acuerdo a la carga axial que se transmita a cada una de ellas.
- 4.- El tipo de cemento a usar en la cimentación, deberá ser del tipo IP (Portland Puzolánico), debido a que el suelo natural presenta moderadas cantidades de sulfatos, cloruros y sales solubles.
- 5.- La capacidad de carga admisible para el tipo y profundidad de cimentación recomendada, después de realizar los ensayos de campo y laboratorio, es de 0.82 kg/cm<sup>2</sup>.

## Datos Técnico 12.5.7

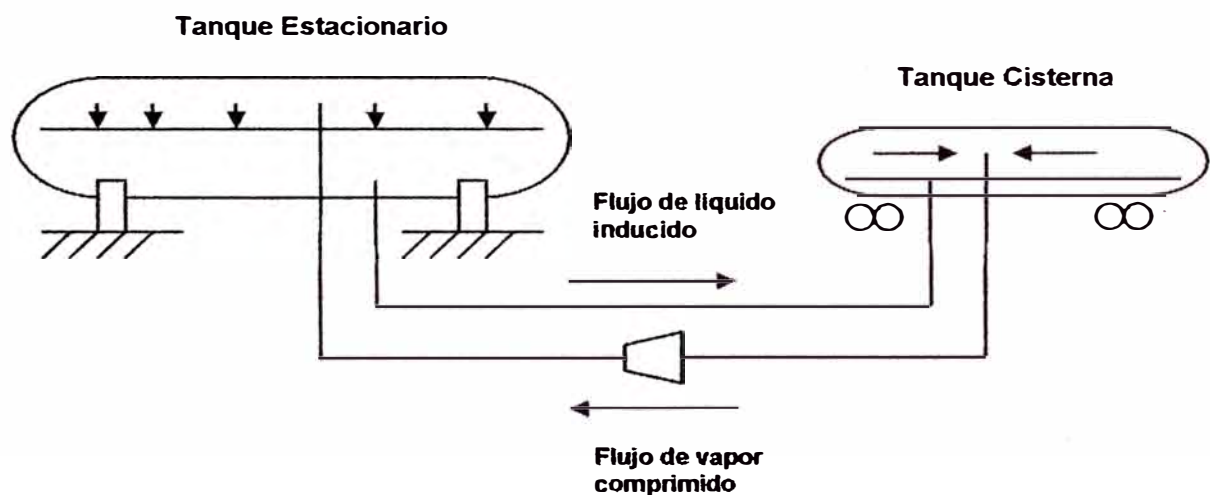
### Uso de Compresores para la Transferencia de GLP

El método más flexible para transferir GLP de un recipiente a otro, es mediante el uso de un compresor. El principio es crear una diferencia de presiones entre la zona de vapor de dos tanques y mantener una conexión de la fase líquida en ambos recipientes. Esta diferencia de presión generada, permitirá que el líquido comience a fluir desde el tanque de alta presión hacia el de baja presión.

Las principales consideraciones para la selección de un compresor en lugar de una bomba, en la transferencia de GLP, son:

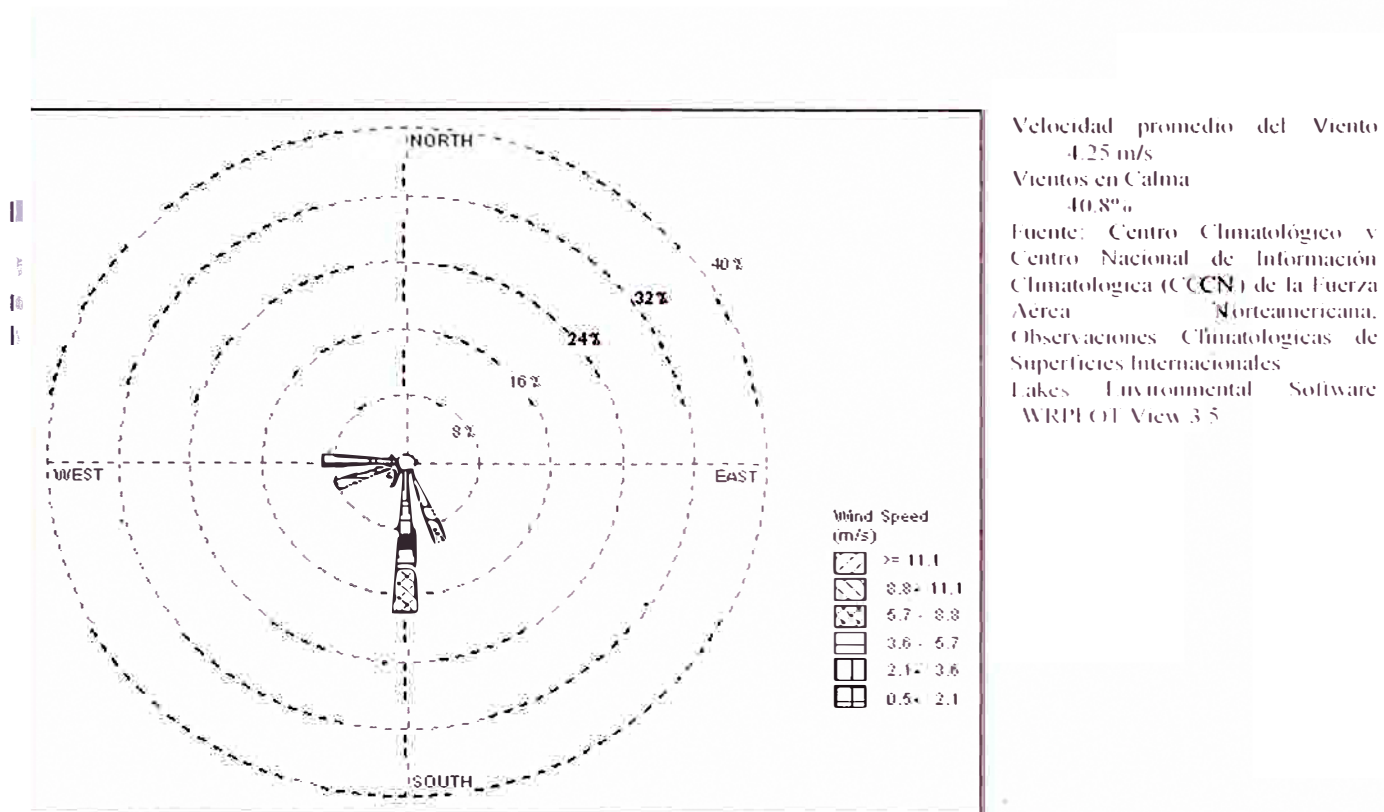
- Debido a que el flujo inducido es igual al volumen de gas descargado por el compresor, con el mismo consumo de energía entre una bomba y compresor, con este último la transferencia se hace en menor tiempo.
- Las reglamentaciones de seguridad para el transporte y almacenamiento de GLP han creado situaciones donde se hace necesario trasegarse el gas con cargas de succión positiva, lo cual es prácticamente imposible cuando se trata de descargar tanques subterráneos o tanques de ferrocarril.
- Se consigue una mejor recuperación de vapores en las transferencias.

Fig. 12: Transferencia de GLP mediante un compresor



## DATOS TECNICOS 12.5.8

**Fig. 13: Orientación de Vientos en Pisco**



**Rosa de los Vientos Anual para Pisco – Perú 1996 (Estación No. 846910)**

**ANEXO 12.6**

**ESPECIFICACIONES**

## ESPECIFICACIONES 12.6.1

**Tabla XLII: Metrado Básico del Sistema de Prevención de Pérdidas**

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>
1- Extintores:	
1.1-De 30lb	12
1.2-De 150lb	2
2- Bomba de Agua Contra Incendio:	
2.1- Motor	2
2.2-Bomba	1
2.3-Bomba Jockey	1
2.4-Panel	2
3- Tuberías	
3.1- Tub 12"	700m
3.2-Tub 8"	350m
3.3-Tub 4"	50
3.4- Accesorios	GLB
5- Rociadores	80
6-Gabinetes	4
7-Monitores	8
8-Sistema de Espuma	
8.1- Proporcionador	1
8.2.-Cámara de espuma	1
9-Detectores de Gas	2
10-Detectores de humo	2
11-Detectores alta temperatura	2
12-Alarmas	2
13-Trajes aluminizados	2

## ESPECIFICACIONES 12.6.2

**Tabla XLIII: Listado de Partidas del Proyecto Global**

DETALLE
<b>1.- Terreno y Legalización</b>
<b>2.- Estudios e Ingeniería</b>
2.1- Estudio de Prefactibilidad
2.2- Estudio de Factibilidad
2.3- Estudio de Impacto Ambiental
2.4- Estudio de Riesgos (ER)
2.5- Plan de Contingencias
2.6- Diseño del Proyecto
2.6.1- Diseño de Obras Civiles y Sanitarias
2.6.2- Diseño del Proceso
2.6.3- Diseño de Instalaciones Electricas
2.6.4- Diseño del Sistema Contra Incendio
2.6.-Aditorías de Instalación y Operación
<b>3.- Infraestructura</b>
3.1-Obras civiles
3.2-Instalaciones del Proceso
3.3- Instalaciones Eléctricas
3.4 Instalaciones y Equipos Contra-Incendio
3.5-Instalaciones y Equipos de Servicios Auxiliares
<b>4.- Instalación y Mano de Obra</b>
4.1- Supervisión del Proyecto
4.2- Ejecución : Contratista
4.2.1-Obras Civiles
4.2.2- Instalaciones de Proceso
4.2.3- Instalaciones Eléctricas
4.2.4- Instalaciones y Equipos Contra-Incendio
4.2.5- Instalaciones y Equipos de Servicios Auxiliares
<b>5.- Permisos Gubernamentales</b>
5.1-Aprobación del EIA
5.2-Aprobación del Proyecto de Instalación
5.3-Aprobación del Proyecto de Uso y Funcionamiento
<b>6.- Permisos Municipales</b>
6.1- Certificado de Compatibilidad de Uso (Provisional)
6.2-Certificado de Alineamiento (Provincial)
6.3-Licencia de Construcción (Distrital)
6.4-Conformidad de Obras Civiles (Distrital)
6.5-Licencia de Funcionamiento (Distrital)
<b>7.- Puesta en Marcha</b>
7.1-Capital de Trabajo
7.2-Gastos Operativos
7.3-Póliza de Seguros RC
7.4-Poliza de Activos
<b>8.- Contingencias</b>

## ESPECIFICACIONES 12.6.3

**Tabla XLIV: Tanque de GLP**

### ESPECIFICACIONES

Descripción	Especificaciones
<b>Capacidad</b>	100 000 gl USA
<b>Diámetro</b>	3 660 mm
<b>Longitud</b>	37 600 mm
<b>Material</b>	Acero al carbono de calidad SA-612 grado C de 0.466 pulg. de espesor para las tapas y 0.8125 pulg. de espesor para el cuerpo
<b>Tipo</b>	Recipiente cilíndrico horizontal de cabezas semiesféricas
<b>Presión de Max servicio @ 140°F</b>	250 PSI
<b>Presión de Prueba hidrostática</b>	375 PSI
<b>Inspección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prueba hidrostática</li> <li>- Prueba Radiográfica</li> </ul>
<b>Norma de Fabricación</b>	ASME, sección VIII División I.

### FACTORES DE DISEÑO

<b>Límite de Fluencia del material: acero SA-612</b>	50000 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Esfuerzo de diseño ASME SEC VIII, Div 1</b>	20200 lb/pulg <sup>2</sup>
<b>Zona Sísmica</b>	UBC 3
<b>Temperatura de proceso</b>	20 – 70°F
<b>Vientos</b>	100 mph
<b>Numero de soportes</b>	2
<b>Distancia entre soportes</b>	29055 mm

### RESULTADOS

Variables	Obtenido	Máx. Permitido
Esfuerzo total debido a movimientos sísmicos, esfuerzo local (circunferenciales y longitudinales según la teoría de la membrana) y los esfuerzos de flexión	<b>23170 lb/pulg<sup>2</sup></b>	20200 x 1.5 = <b>30300 lb/pulg<sup>2</sup></b> (ASME, Sec VIII, Div 1, UG23)
Esfuerzo transversal debido a movimiento sísmico solamente	<b>18953 lb/pulg<sup>2</sup></b>	20200 x 1.2 = <b>24240 lb/pulg<sup>2</sup></b> (ASME, Sec VIII, Div 1, UG23)





## ESPECIFICACIONES 12.6.4

Tabla XLV: Tanque de Diesel 2

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIONES
<b>Capacidad</b>	60 000 gl USA
<b>Diámetro</b>	7 000mm
<b>Altura</b>	6 000mm
<b>Material</b>	Acero al carbono de calidad SA-285 grado C de 12.7mm de espesor
<b>Tipo</b>	Tanque atmosférico de techo fijo de tres anillos.
<b>Inspección</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prueba hidrostática</li><li>- Prueba Radiográfica</li></ul>
<b>Norma de Fabricación</b>	API 650

## **ESPECIFICACIONES 12.6.5**

### **LÍNEAS DE ABASTECIMIENTO DE GLP Y DIESEL 2**

Las tuberías que abastecen de GLP y Diesel 2 a nuestro proyecto, recorrerán 12 km desde la planta de Loberías ubicada al oeste del proyecto.

En su recorrido atravesará sólo terrenos eriazos y un tramo de carretera no transitada (antigua panamericana sur). En este tramo, a pesar del no ser vía de tránsito activa se considerará un refuerzo de concreto en el lecho, que evite la flexión de la tubería por el peso expuesto.

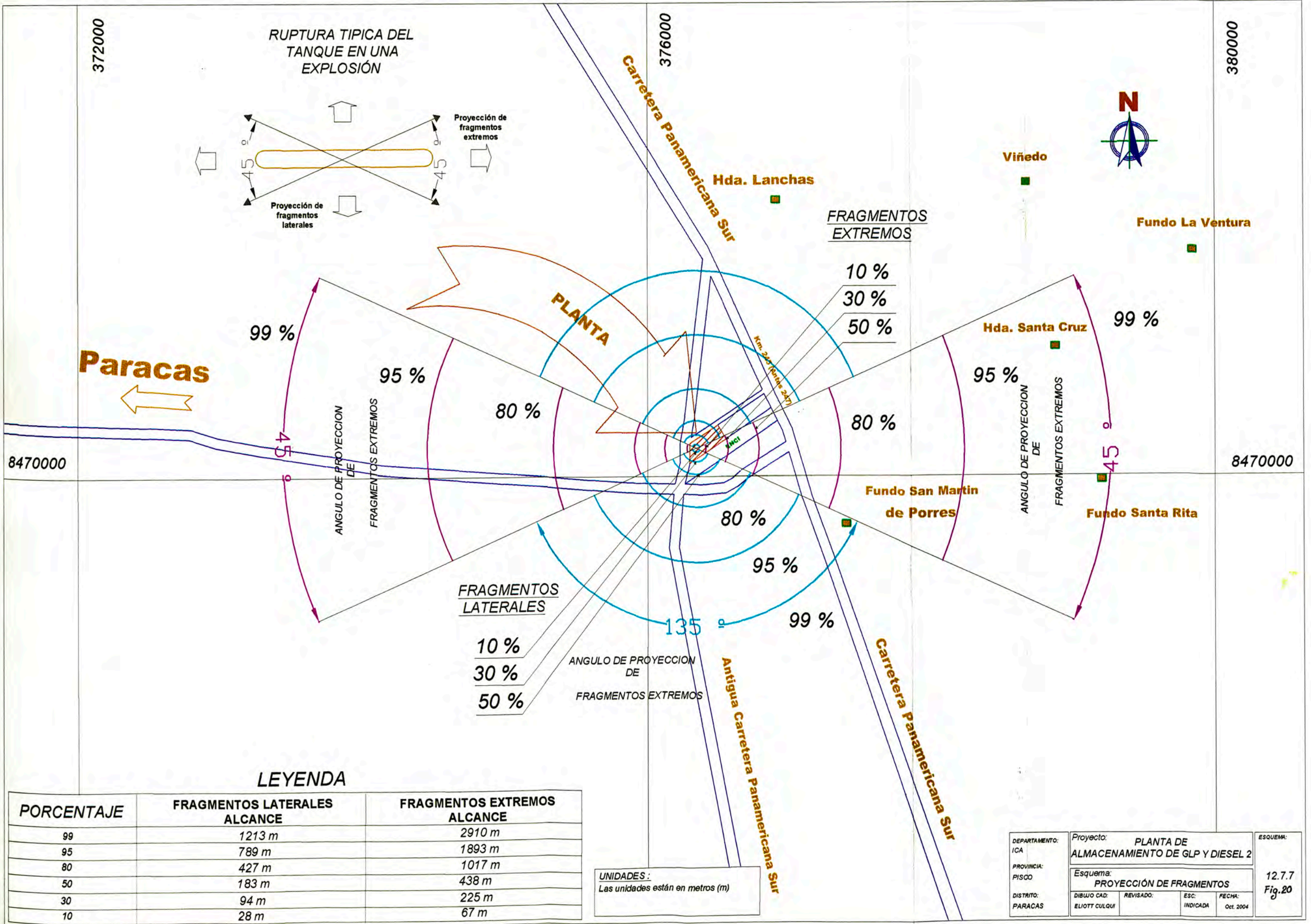
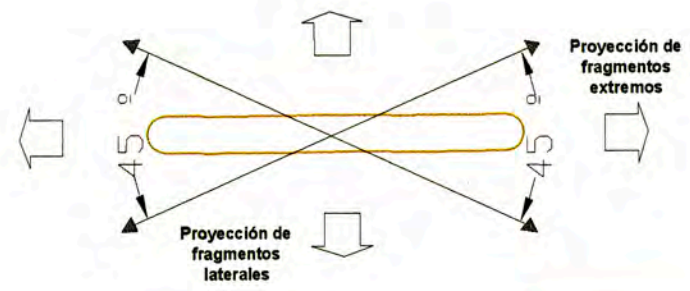
Las características básicas del diseño son:

<b>Tubería</b>	<b>: Acero al Carbono Sch40 ASTM A 53</b>
<b>Diámetro</b>	<b>: 4pulg</b>
<b>Profundidad</b>	<b>: 1.2m</b>
<b>Protección</b>	<b>: catódica</b>
<b>Protección adicional</b>	<b>: Fibras y recubrimientos bituminosos</b>
<b>Lecho</b>	<b>: Arena seleccionada (malla 16/30 y malla 20/40), con bajo contenido de cloruros: menor a 50 ppm.</b>

**ANEXO 12.7**

**ESQUEMAS Y DIAGRAMAS**

RUPTURA TIPICA DEL TANQUE EN UNA EXPLOSION



LEYENDA

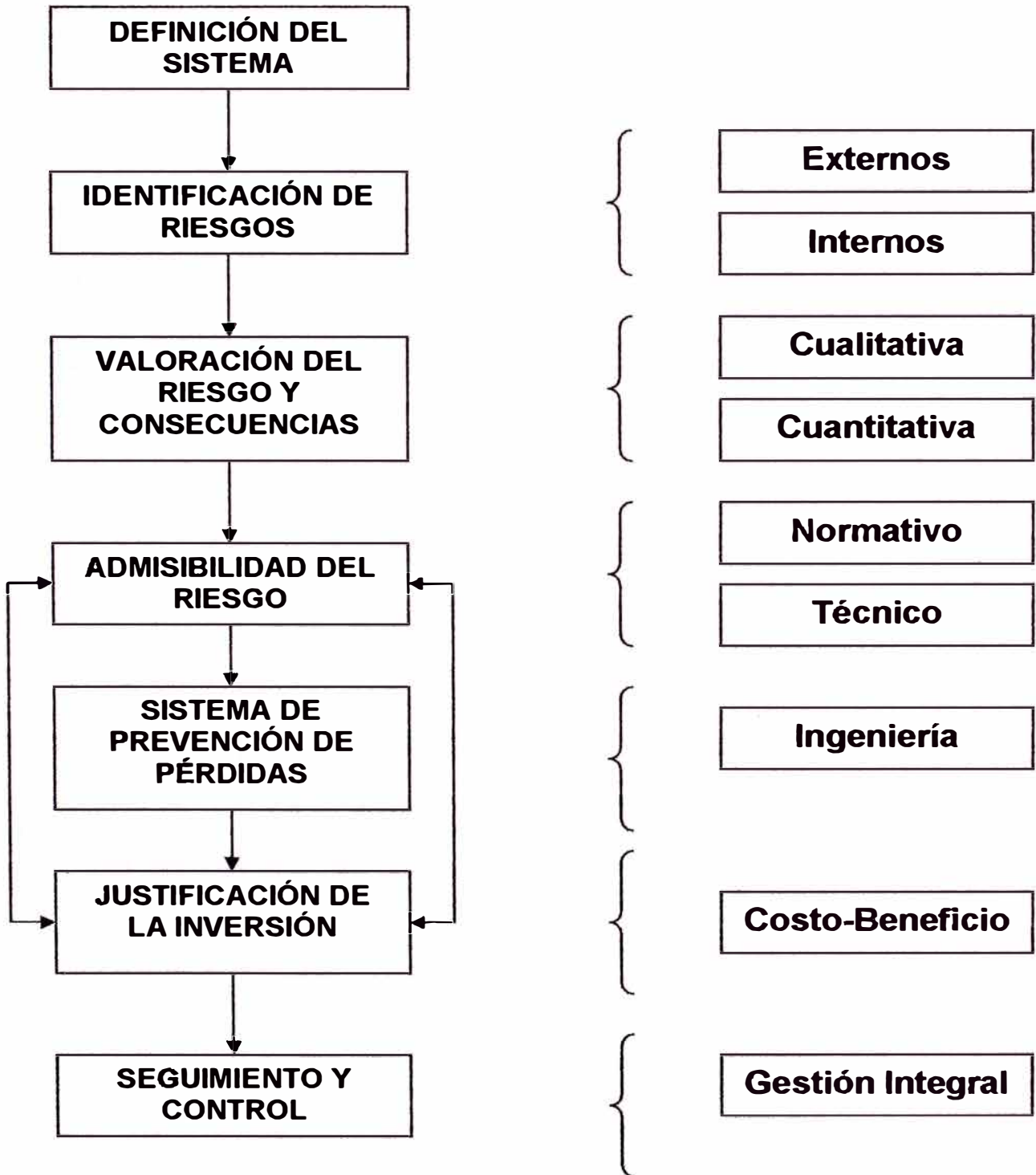
PORCENTAJE	FRAGMENTOS LATERALES ALCANCE	FRAGMENTOS EXTREMOS ALCANCE
99	1213 m	2910 m
95	789 m	1893 m
80	427 m	1017 m
50	183 m	438 m
30	94 m	225 m
10	28 m	67 m

UNIDADES:  
Las unidades están en metros (m)

DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2	ESQUEMA:
PROVINCIA: PISCO	Esquema: PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS	12.7.7 Fig.20
DISTRITO: PARACAS	DIBUJO CAD: ELLIOTT CULQUI	REVISADO: ESC: INDICADA
	FECHA: Oct. 2004	

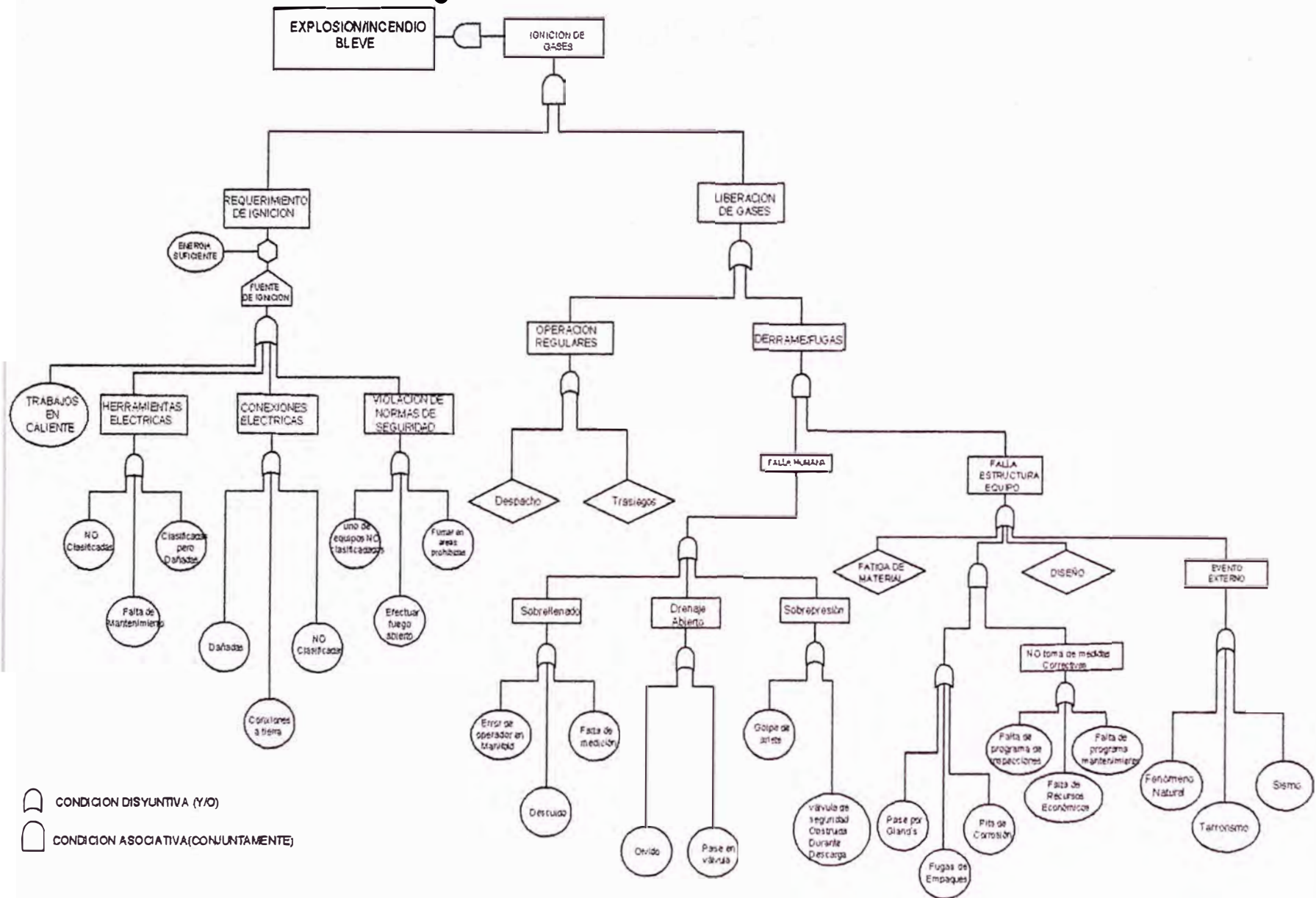
ESQUEMA 12.7.1

Fig. 14: Metodología del Análisis de Riesgo



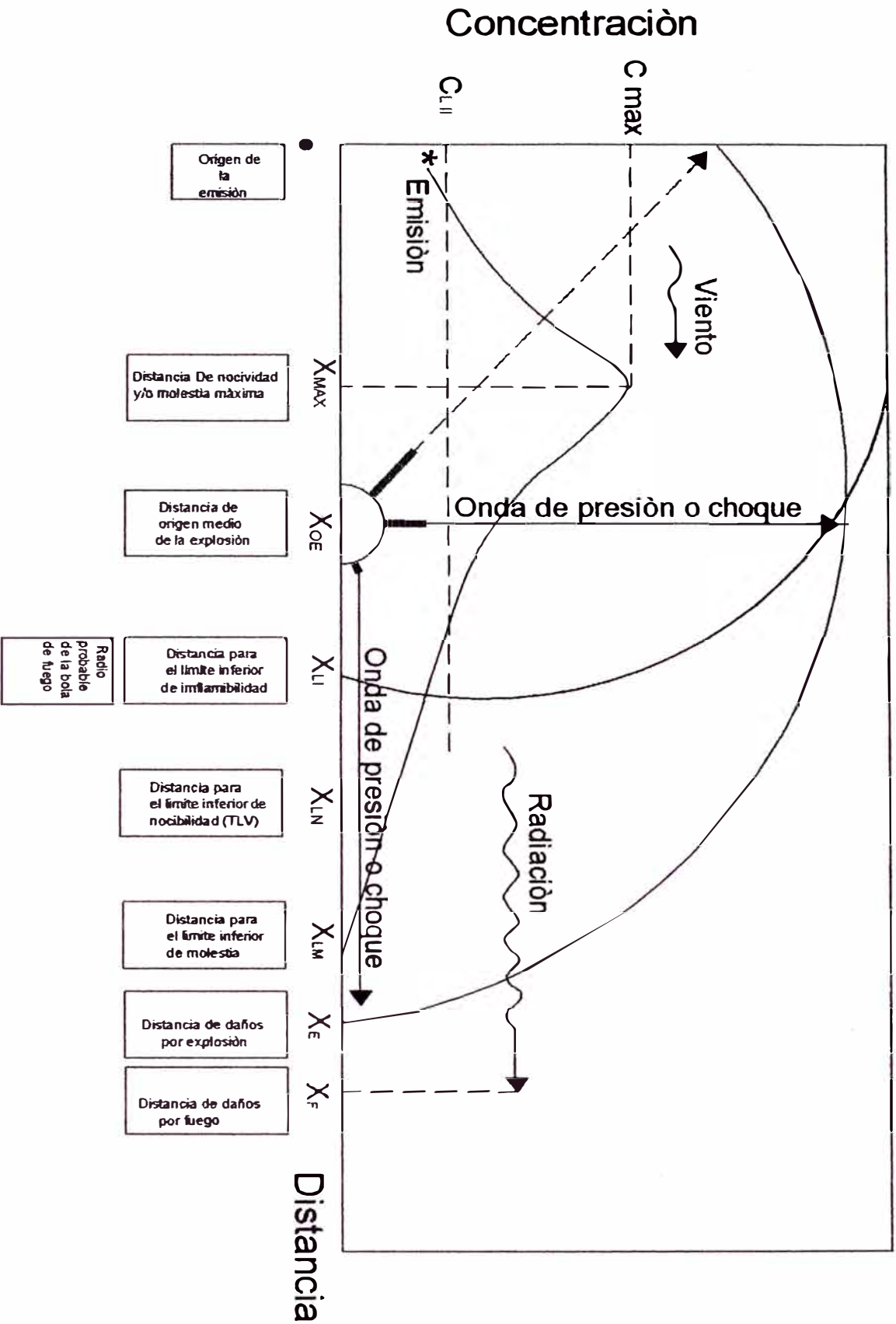
# ESQUEMA 12.7.2

## Fig. 15: ARBOL DE FALLAS EN LA PLANTA



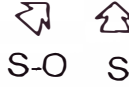
ESQUEMA 12.7.3

Fig. 16: REPRESENTACION GLOBAL DE SUCESOS

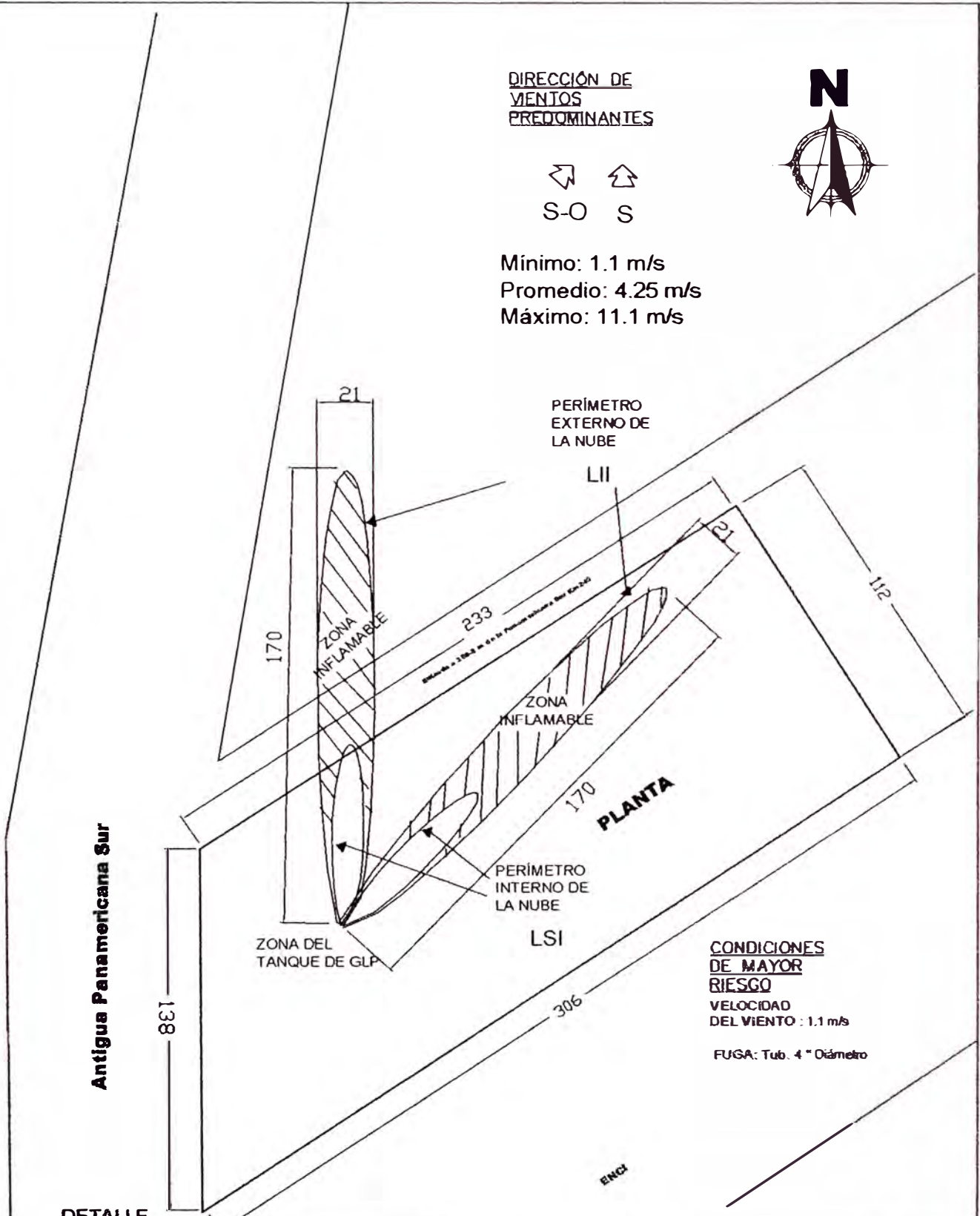




DIRECCIÓN DE  
VENTOS  
PREDOMINANTES



Mínimo: 1.1 m/s  
Promedio: 4.25 m/s  
Máximo: 11.1 m/s



**CONDICIONES  
DE MAYOR  
RIESGO**

VELOCIDAD  
DEL VIENTO : 1.1 m/s

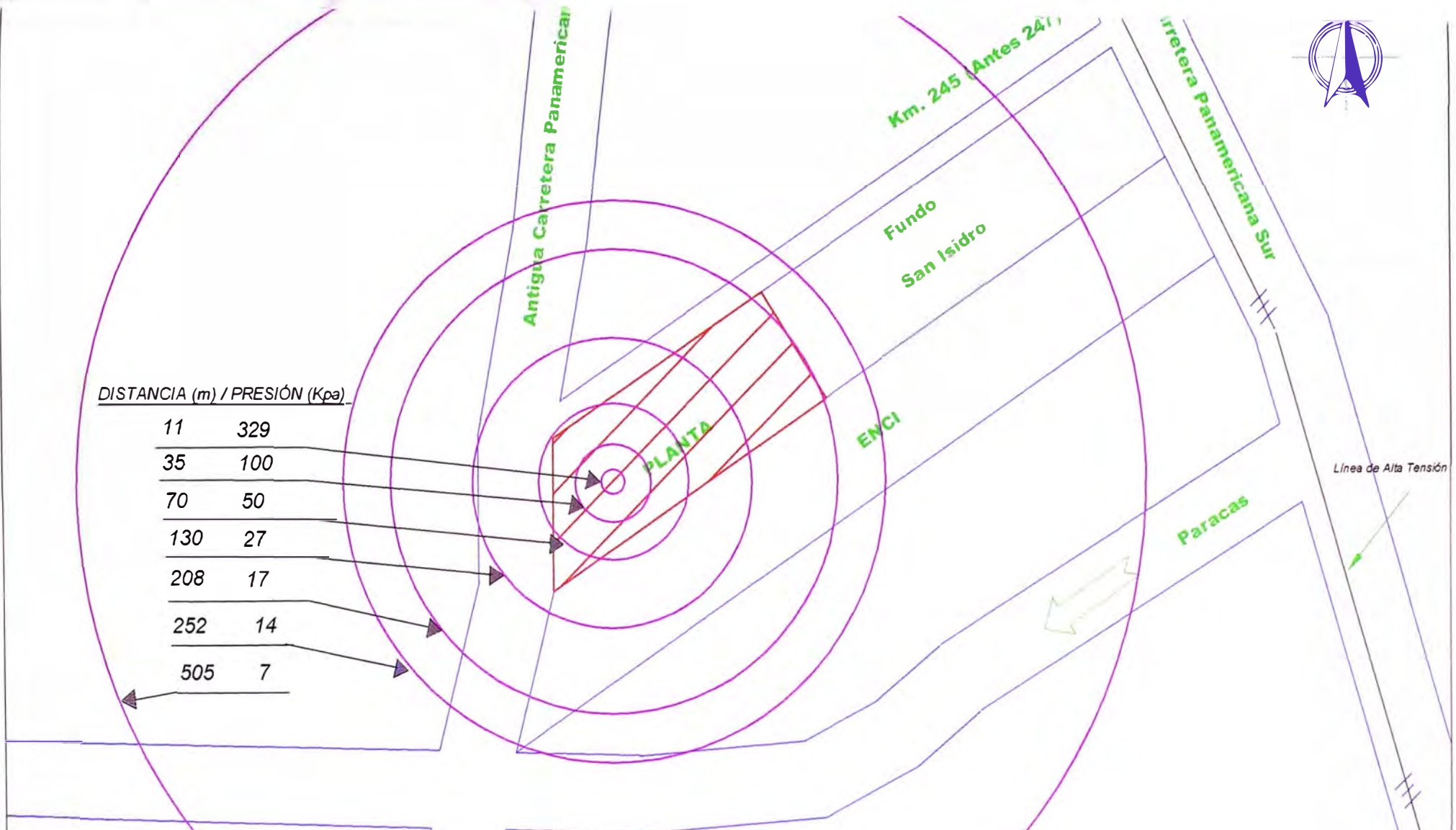
FUGA: Tub. 4" Diámetro

DETALLE

SLA	DESCRIPCIÓN	ALCANCE MÁXIMO	NUBE DE VAPOR
	Límite Inferior de Ininflamabilidad	170 m	Perímetro Exterior
	Límite Superior de Ininflamabilidad	68 m	Perímetro Interior
	Vientos provenientes del Sur		
	Vientos provenientes del Sur-Oeste		

UNIDADES  
Las unidades están  
en metros (m)

ESTABLECIMIENTO: ICA	Proyecto:	PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2		ESQUEMA:
PROVINCIA: PISCO	Esquema:	Fig. 17: DISPERSIÓN GASEOSA		12.7.4
DISTRITO: PADRACAS	ELABORADO: EUGENIO RAMA	REVISADO: RODOLFO	FECHA: 04/03/2014	



DISTANCIA (m) / PRESIÓN (Kpa)

11	329
35	100
70	50
130	27
208	17
252	14
505	7

**LEYENDA**

DISTANCIA (m)	PRESIÓN (Kpa)	DAÑO	DISTANCIA (m)	PRESIÓN (Kpa)	DAÑO
11	329	Muerte	252	14	Rotura de Tabiques de concreto
35	100	100% Destrucción	505	7	Rotura de cristales
70	50	Casas requieren demolición			
130	27	Colapso de estructuras metálicas			
208	17	Colapso de estructuras de hormigón			

UNIDADES:  
Las unidades están en metros (m)

DEPARTAMENTO ICA	Proyecto:	PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2		ESQUEMA
PROVINCIA PISCO	Esquema:	CURVAS DE ISO - PRESION		12.7.5
DISTRITO PARACAS	DISEÑADO EUGENIO...	REVISADO	ESC 1:5000	FECHA 02.2014
				<b>Fig.18</b>

1500 m (2.03 Kw/m<sup>2</sup>)

1000 m (4.00 Kw/m<sup>2</sup>)

1400 m (2.03 Kw/m<sup>2</sup>)

900 m (4.93 Kw/m<sup>2</sup>)

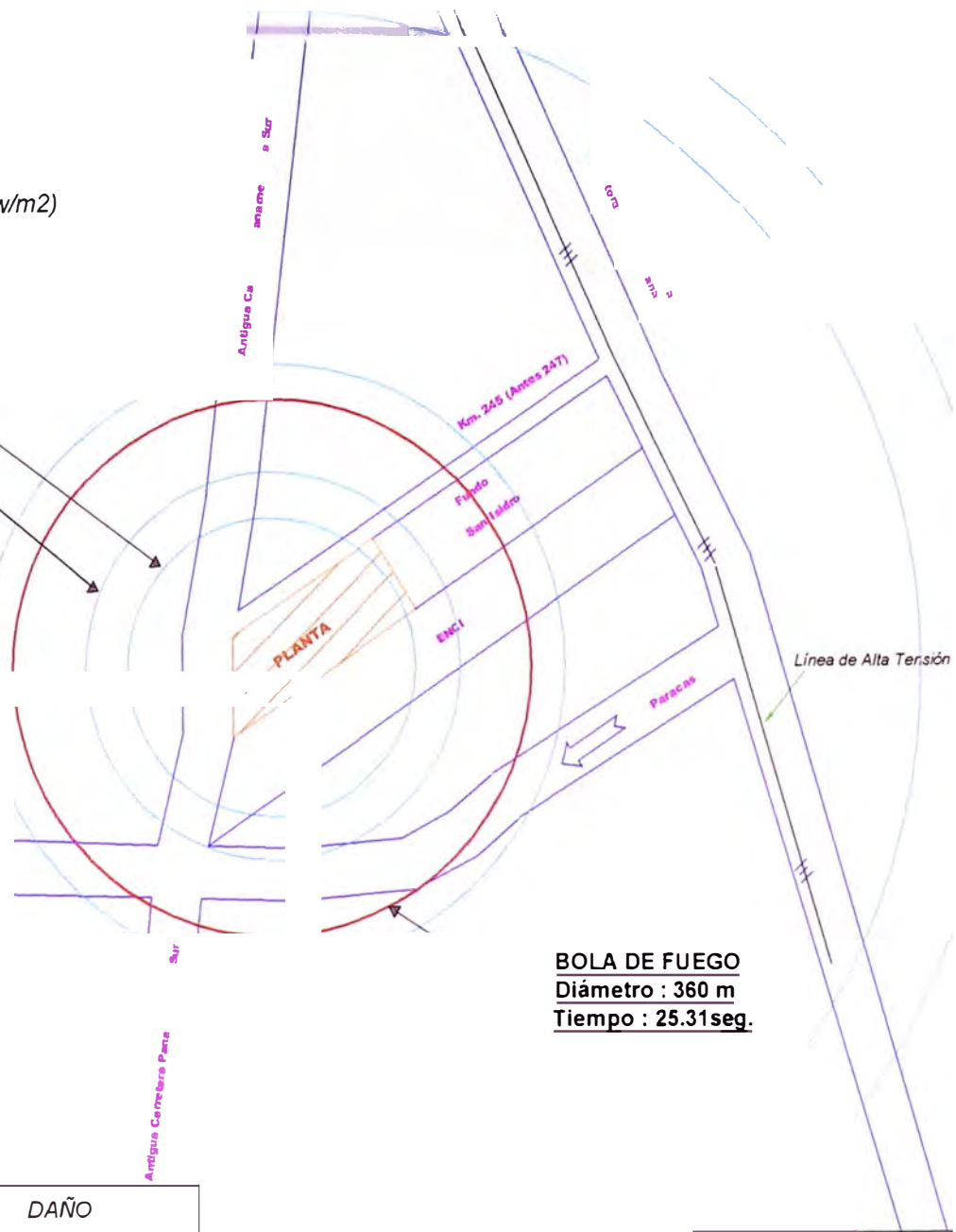
**DISTANCIAS:**

200 m (51.42 Kw/m<sup>2</sup>)

260 m (39.09 Kw/m<sup>2</sup>)

400 m (21.48 Kw/m<sup>2</sup>)

**Paracas**



**BOLA DE FUEGO**  
**Diámetro : 360 m**  
**Tiempo : 25.31seg.**



Fundo San Martín de Porres

**LEYENDA**

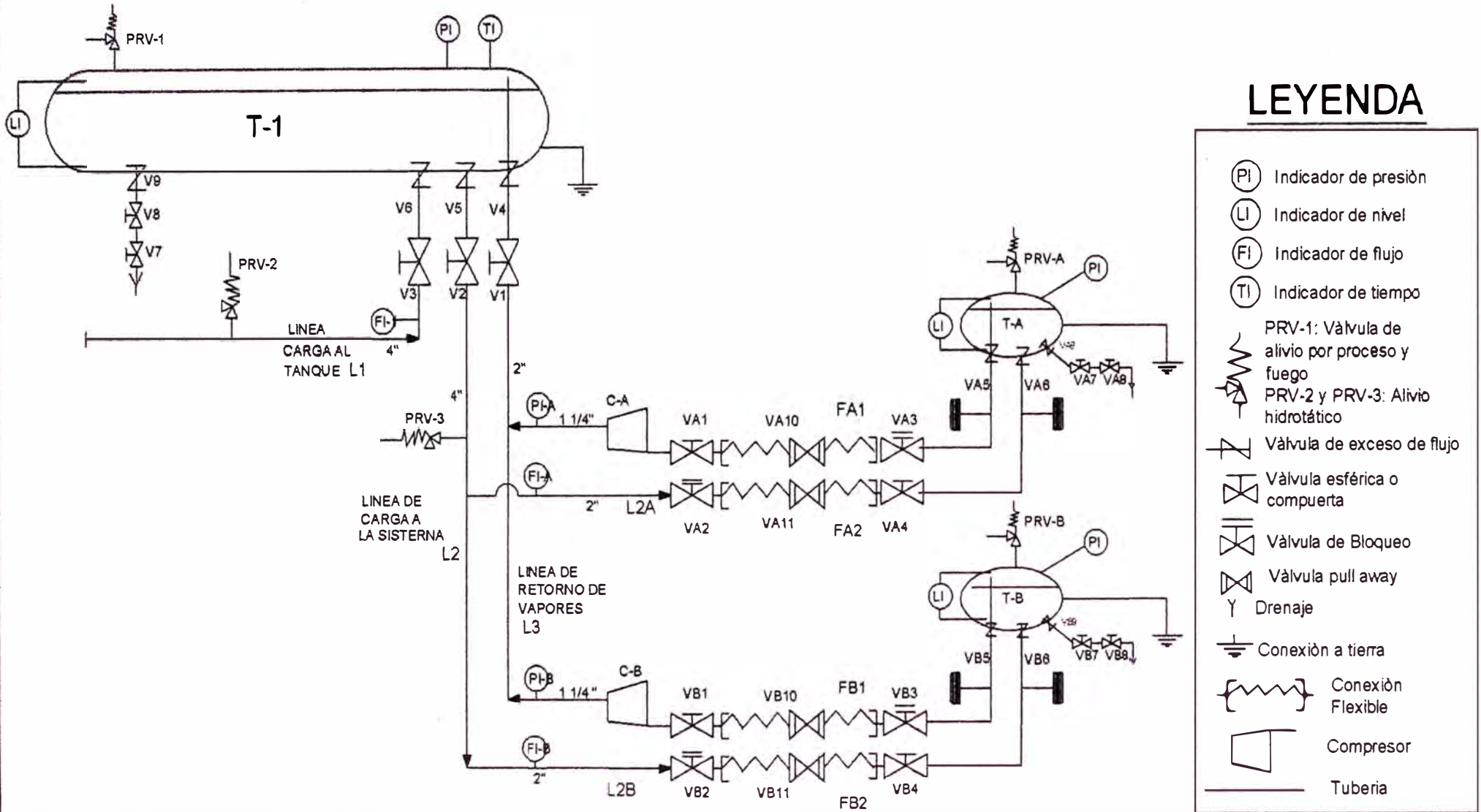
DISTANCIA (m)	RADIACIÓN (KW / m <sup>2</sup> )	DAÑO	DISTANCIA (m)	RADIACIÓN (KW / m <sup>2</sup> )	DAÑO
200	51.42	Incineración Total	1400	2.03	Dolor: Exposición de 60 seg.
260	39.09	Colapso del acero no protegido	1500	1.76	Umbral de sensación dolorosa
400	21.48	Ignición de la madera			
900	4.93	Quemaduras de 1er Grado			
1000	4.00	Aparición de ampollas			

**UNIDADES:**  
 Las unidades están en metros (m)

DEPARTAMENTO ICA Proyecto PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2 ESQUEMA  
 PROVINCIA PISCO esquema: CURVAS DE ISO-RADIACION 12.7.6  
 DISTRITO PARACAS DIBUJADO ELIOTTULLO REVISADO ESC. NOTARCA FECHA 06/2014 Fig.19

# ESQUEMA 12.7.8

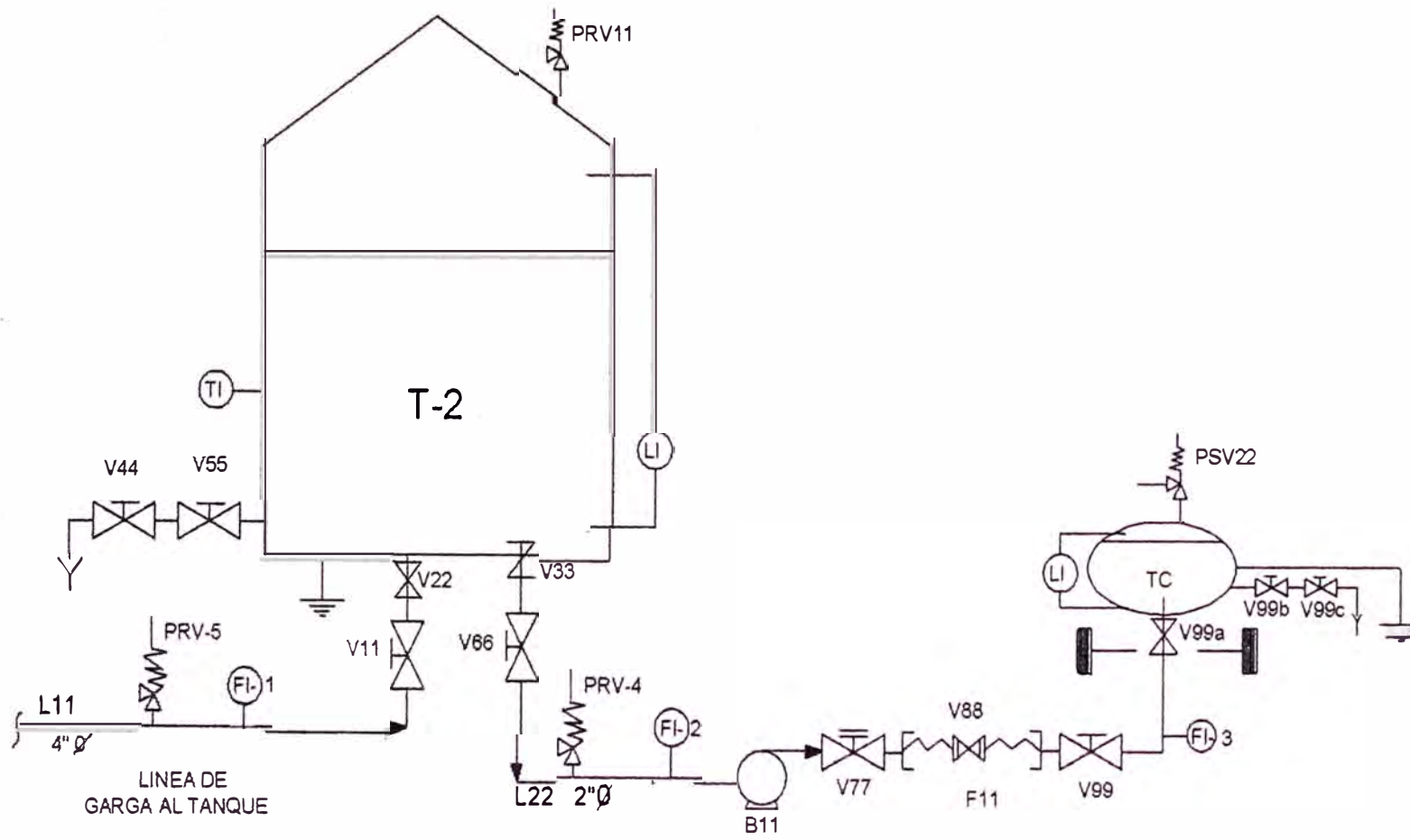
Fig. 21: RECEPCIÓN , ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE GLP



# ESQUEMA 12.7.9

Fig. 22: RECEPCION , ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE DIESEL2

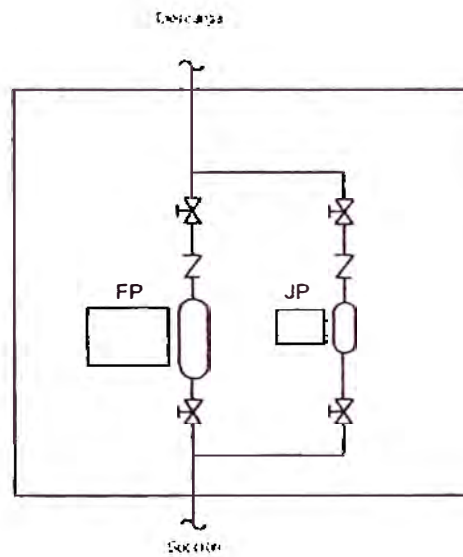
## LEYENDA



- Indicador de presión
- Indicador de flujo
- Indicador de temperatura
- PRV-11 :Venteo
- PRV-3 y PRV-4 : Alivio hidrostático
- Válvula de exceso de flujo
- Válvula de bola
- Válvula de bloqueo
- Válvula de retención
- Válvula pull away
- Y Drenaje
- Conexión a tierra
- Conexión Flexible
- Bomba
- Tubería

ESQUEMA 12.7.10

Fig. 23: ARREGLO DE BOMBAS



INSTALACIÓN  
MECÁNICA

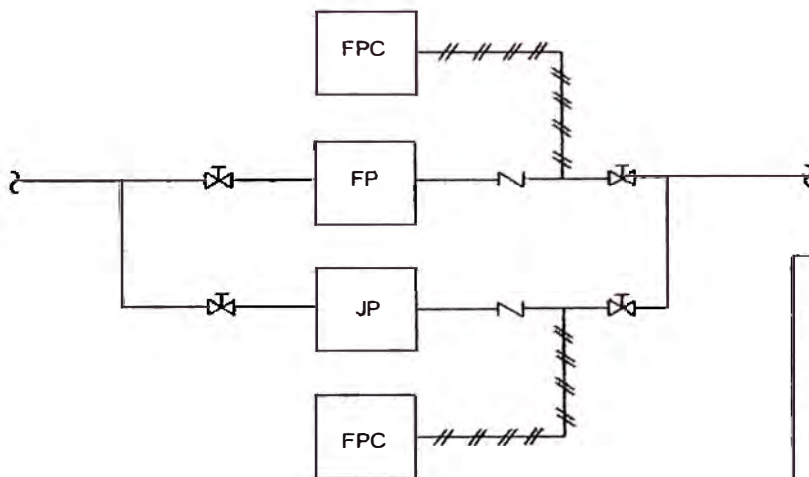


DIAGRAMA DE  
CONTROL

LEYENDA

FP : Bomba Contra Incendio

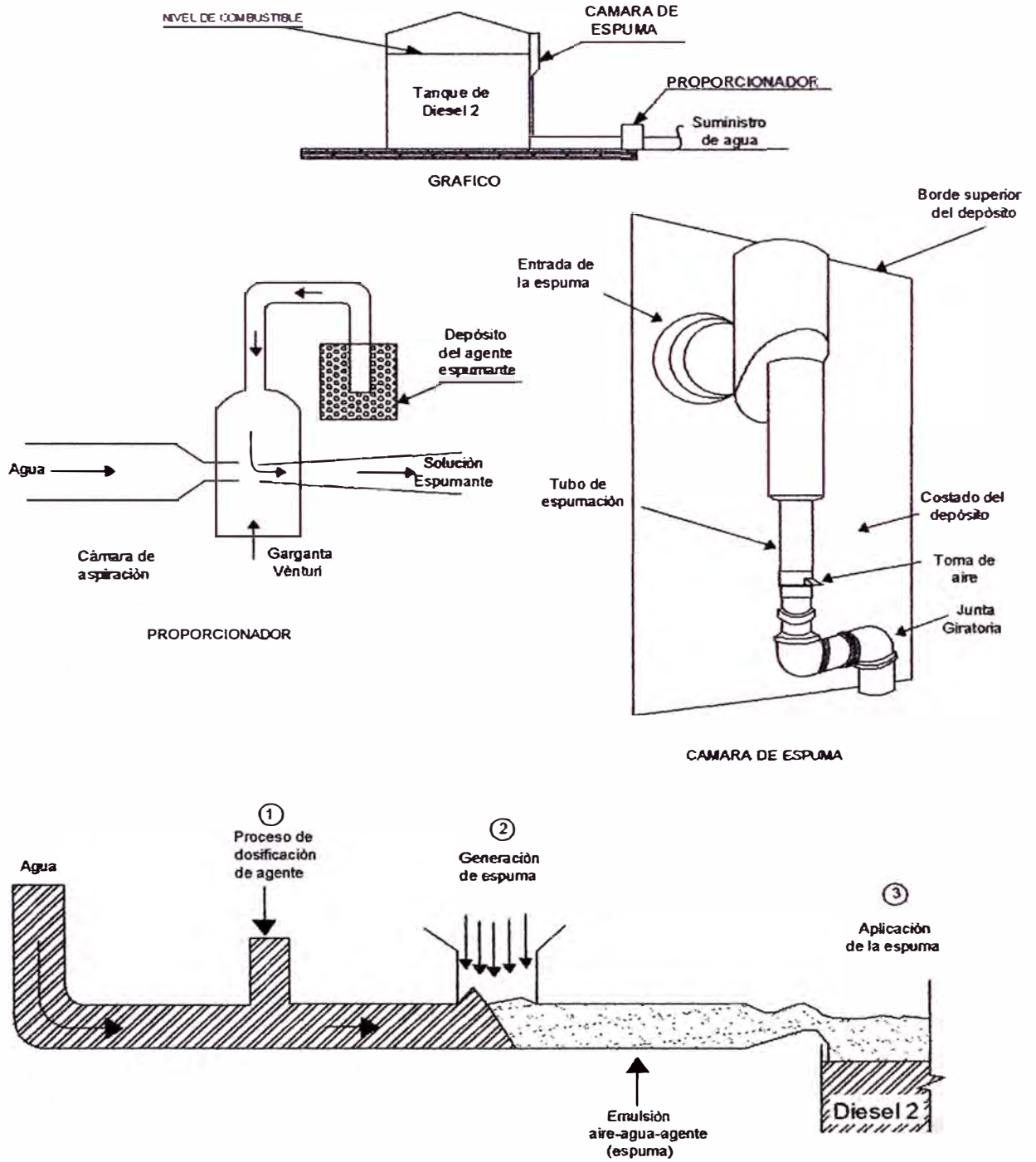
JP : Bomba Jockey

JPC : Controlador de  
Bomba Jockey

FPC : Controlador de  
Bomba Contra Incendio

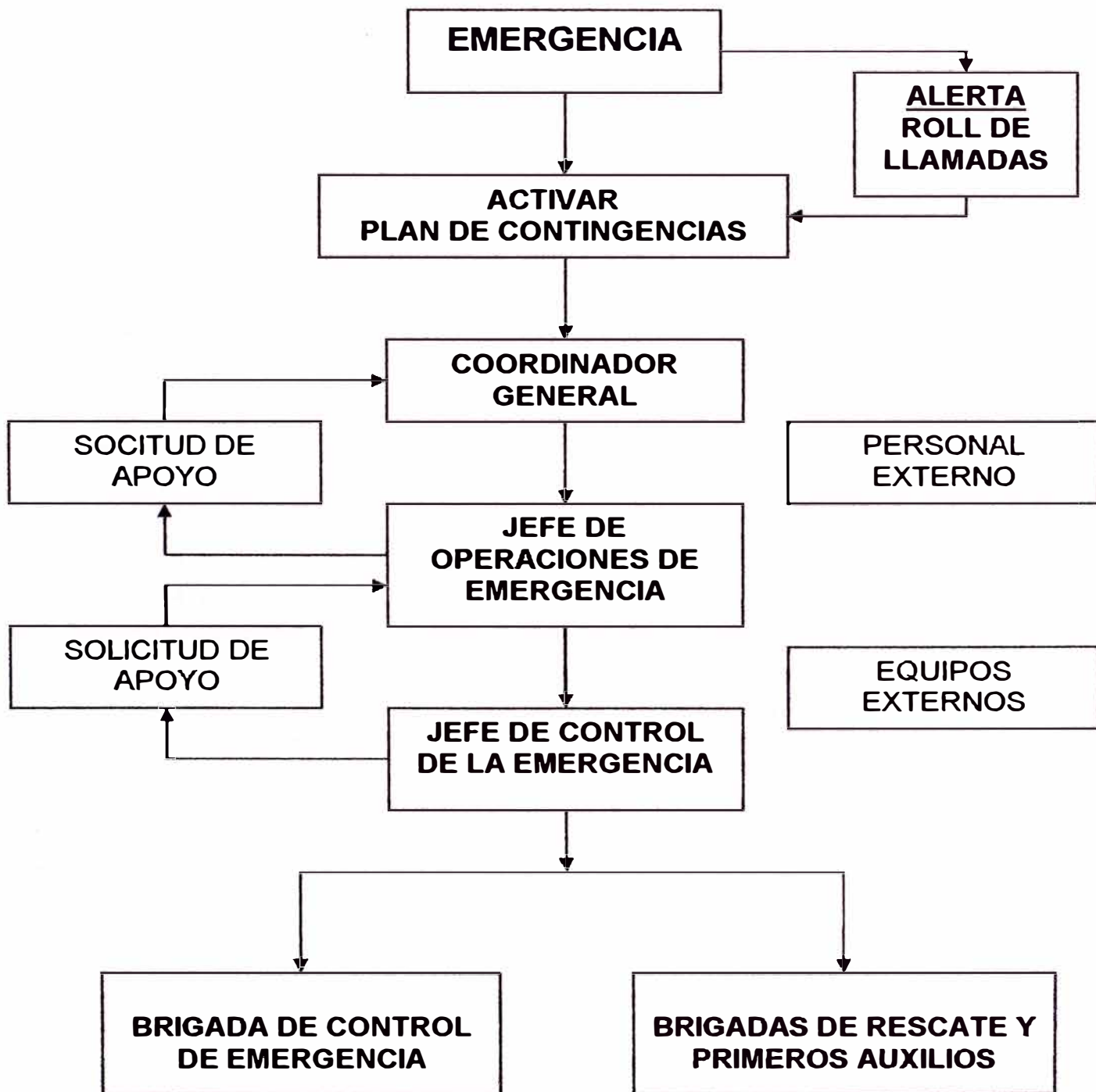
# ESQUEMA 12.7.11

Fig. 24: EQUIPO PARA GENERAR ESPUMA



**ESQUEMA 12.7.12**

**Fig. 25: Organigrama del Plan de Contingencias**





## SEÑALIZACION Y ROTULACION

### Listado de Avisos y Rótulos

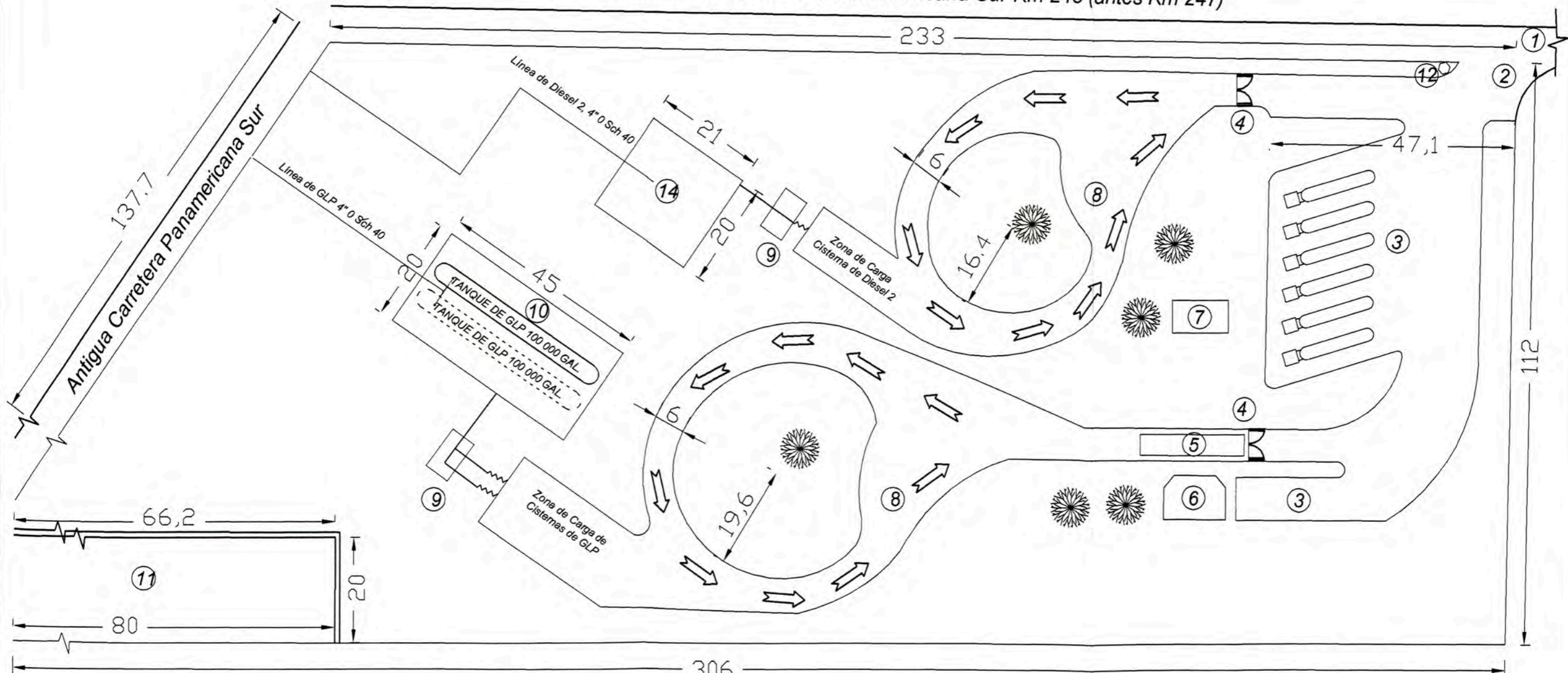
- Se prohíbe fumar
- Velocidad Máxima 20 km
- Zona de Seguridad
- Salida de Vehículos
- Vía de Escape
- No opere sin conexión a tierra
- Peligro, Gas inflamable
- Se prohíbe encender cualquier clase de fuego en el interior de la planta
- Se prohíbe el paso de vehículos o personas no autorizadas
- Se prohíbe el paso a esta zona a personal no autorizado
- Apague el motor de su vehículo, el radio y otros equipos eléctricos, en la zona de carga y descarga
- Calzar el vehículo con tacos para inmovilizarlo durante la carga y descarga
- Rotulación de tanques:

<b>Producto</b>	<b>UN</b>	<b>NFPA</b>
GLP	1075	1,4,0
Diesel 2	1993	1,3,1

**ANEXO 12.8**

**PLANOS**

Entrada a 389.8 m de la Panamericana Sur Km 245 (antes Km 247)



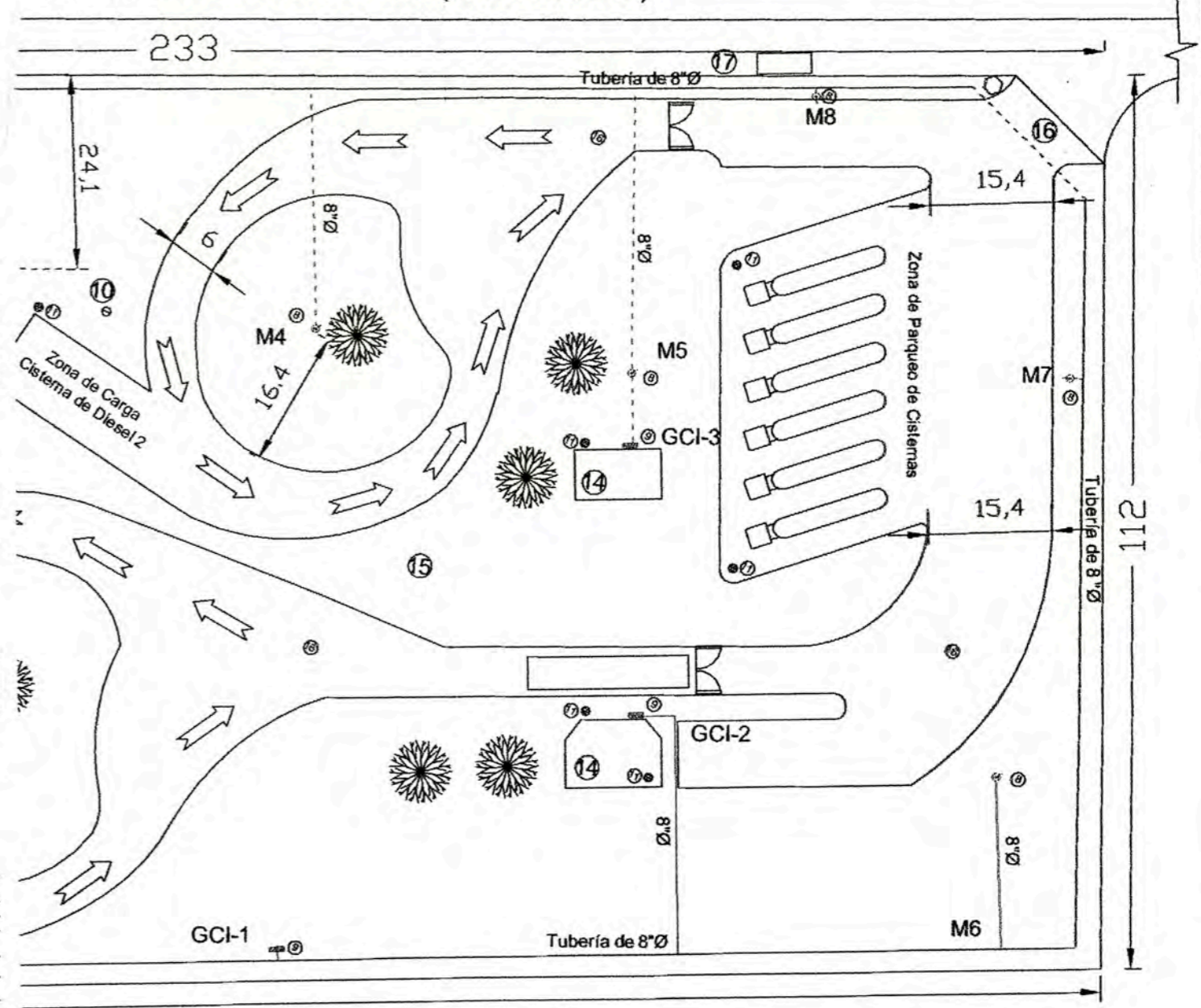
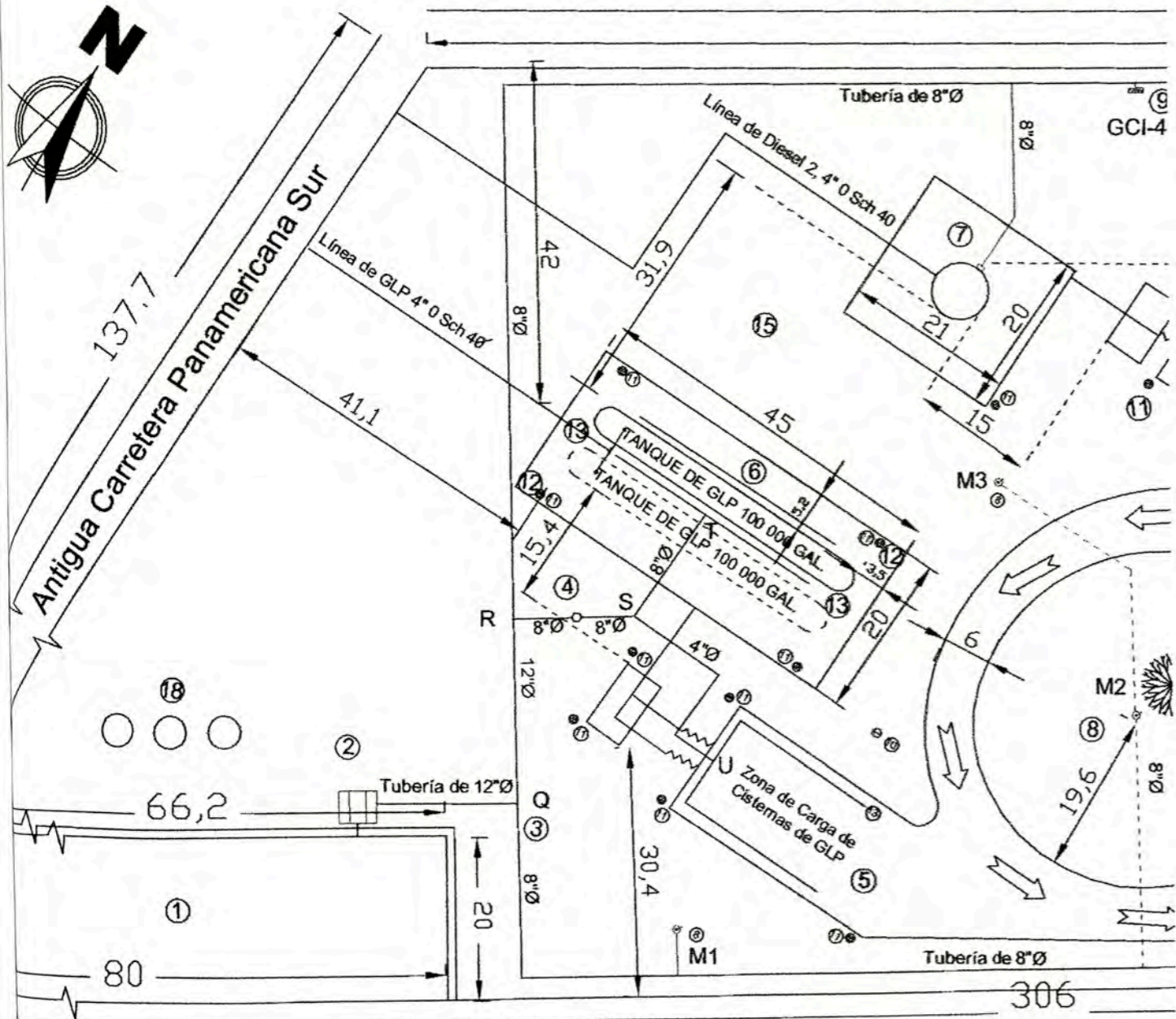
**LEYENDA**

UBIC.	DESCRIPCION	UBIC.	DESCRIPCION
①	Panamericana Sur Km. 245 (antes 247) a 389.8 m	⑧	Vía de Salida
②	Entrada Principal	⑨	Zona de Trasego
③	Zona de Parqueo	⑩	Batería de Tanques Cilíndricos Horizontales para Almacenar GLP
④	Control de Ingreso y Salida	⑪	Cisterna para Almacenamiento de Agua Contra Incendio
⑤	Balanza Electrónica	⑫	Caseta de Vigilancia
⑥	Oficina Administrativa y Laboratorio	⑭	Tanque de Almacenamiento Diesel 2 , 60 000 galones
⑦	Casa de Máquinas		

**UNIDADES:**  
Las unidades están en metros (m) excepto el diámetro de las tuberías que están en pulgadas (pulg).

DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2	PLANO: 12.8.3
PROVINCIA: PISCO	Plano: DISTRIBUCION INTERNA	
DISTRITO: PARACAS	DIBUJO CAD: ELLIOTT CULQUI	REVISADO: ESC: FECHA: 1 / 750 Oct. 2004

Entrada a 389.8 m de a Panamericana Sur Km 245 (antes Km 247)

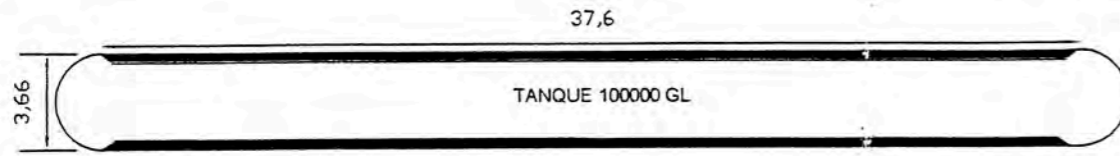


**LEYENDA**

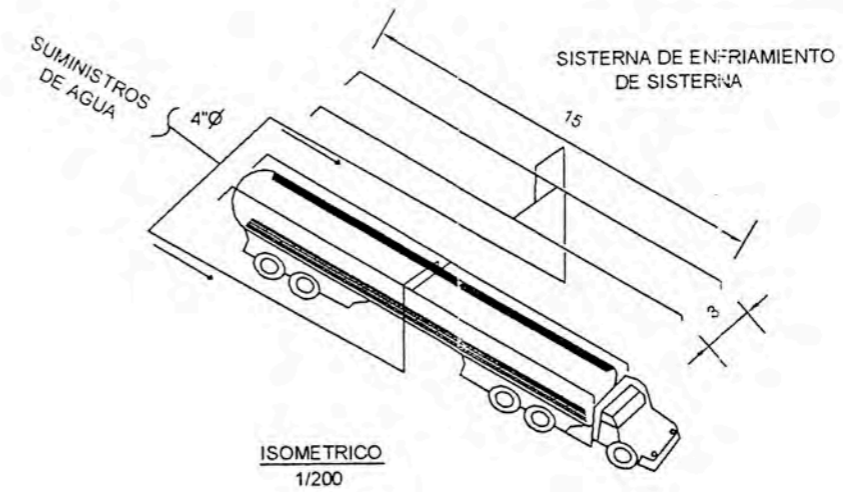
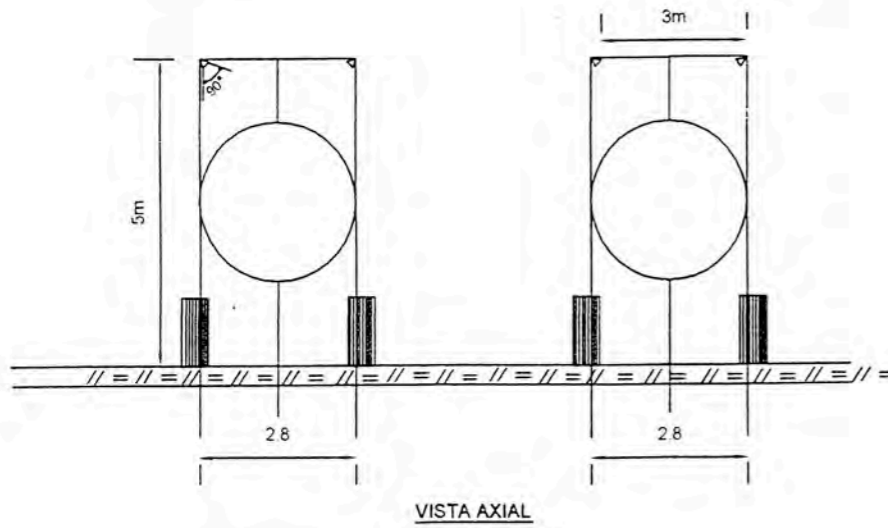
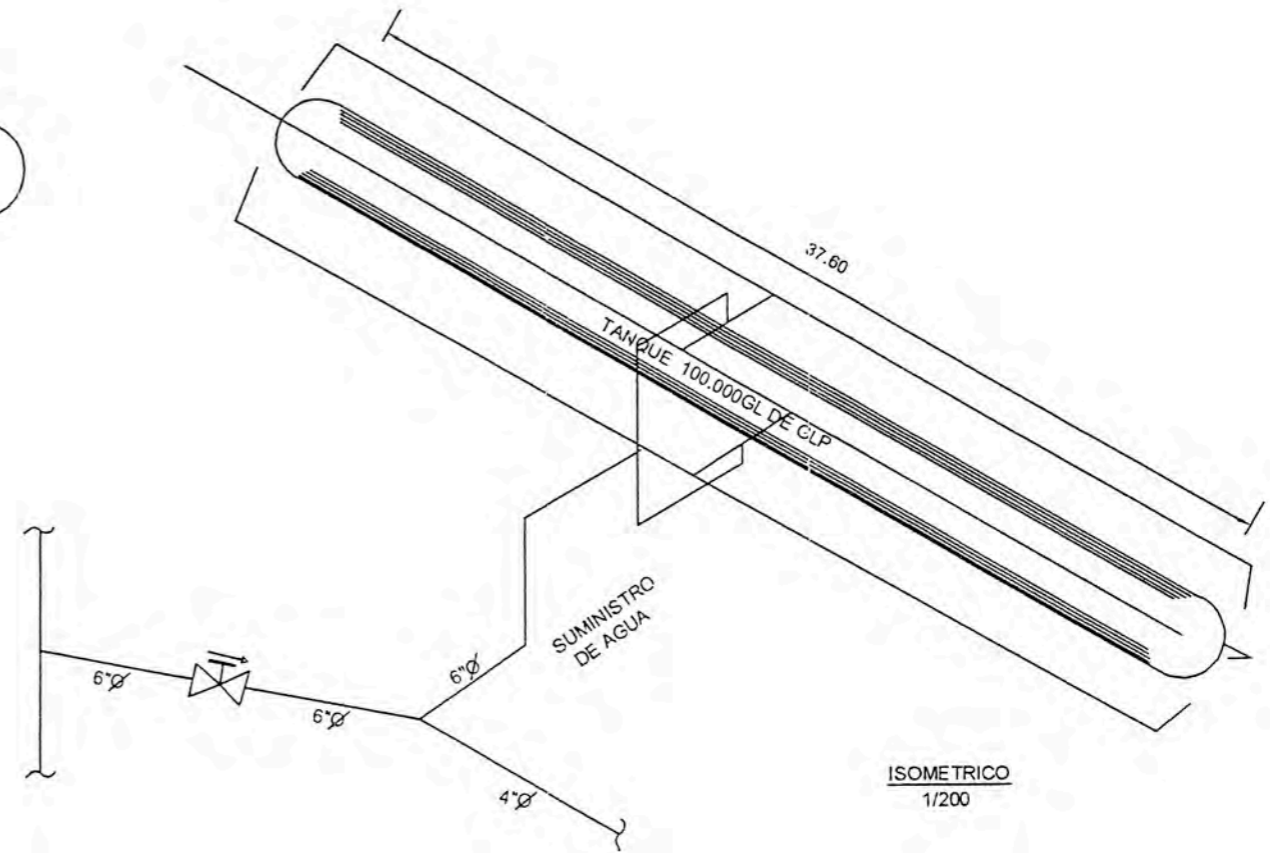
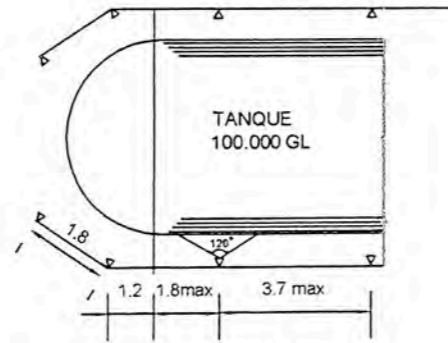
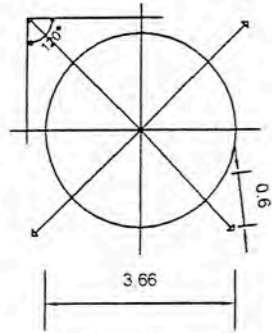
BIC.	DESCRIPCION	UBIC.	DESCRIPCION
①	Reservorio de Agua Contra Incendio	⑩	Extintor de 68KG (150LB)
②	Caseta de Bombas Contra Incendio	⑪	Extintor de 13KG (30 LB)
③	Tubería Contra Incendio	⑫	Detector Continuo de Gases
④	Válvula de Diluvio	⑬	Detector de Temperatura
⑤	Enfriamiento de Cisternas de GLP	⑭	Detector de Humos
⑥	Enfriamiento de Tanques de GLP	⑮	Sistema auditivo: Alarmas, sirenas
⑦	Cámara de Espuma del Tanque Diesel 2	⑯	Vías de Acceso y Evacuación
⑧	Monitor Contra Incendio	⑰	Subestación Eléctrica
⑨	Gabinete Contra Incendio	⑱	Pozos de extracción de agua

**UNIDADES:**  
Las unidades están en metros (m) excepto el diámetro de las tuberías que están en pulgadas (pulg).

DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2	PLANO: 12.8.4
PROVINCIA: PISCO	Plano: SEGURIDAD INTEGRAL	
DISTRITO: PARACAS	DIBUJO CAD: ELLIOTT CULQUI	REVISADO: ESC: 1/750
		FECHA: 04.2004

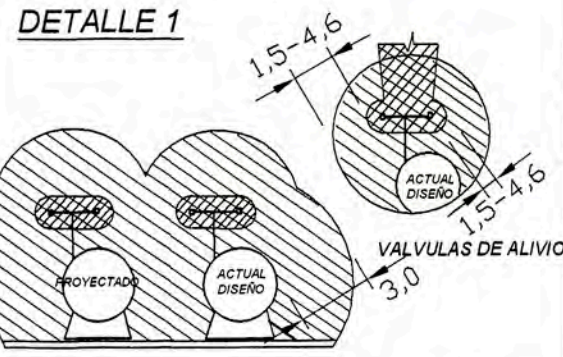
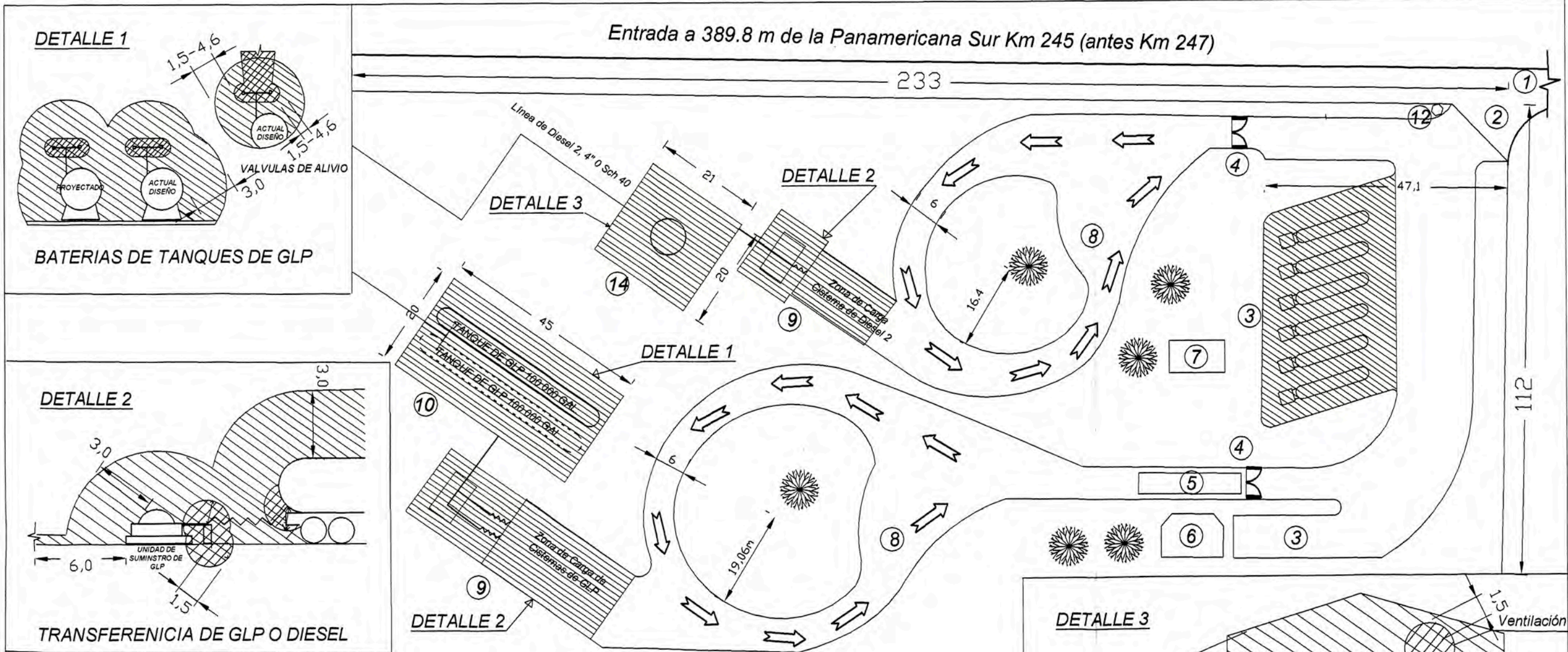


VISTA ELEVACION DEL TANQUE  
1/200

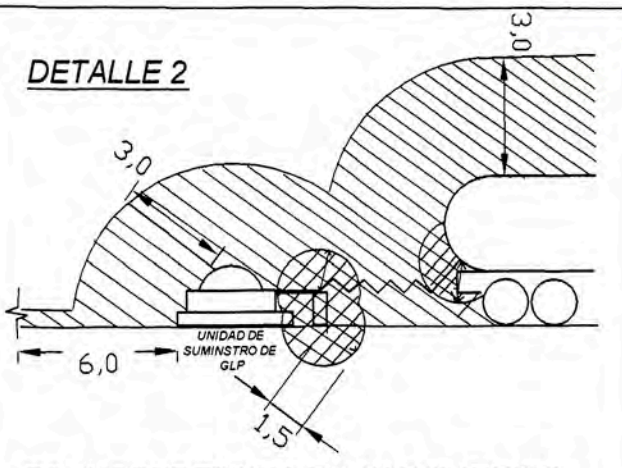


DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2		ESQUEMA:  12.8.5
PROVINCIA: PISCO	Esquema: DISTRIBUCION DE ROCEADORES		
DISTRITO: PARACAS	DIBUJO CAD: ELIOTT CULQUI	REVISADO:	ESC. INDICADA
			FECHA: Oct. 2004

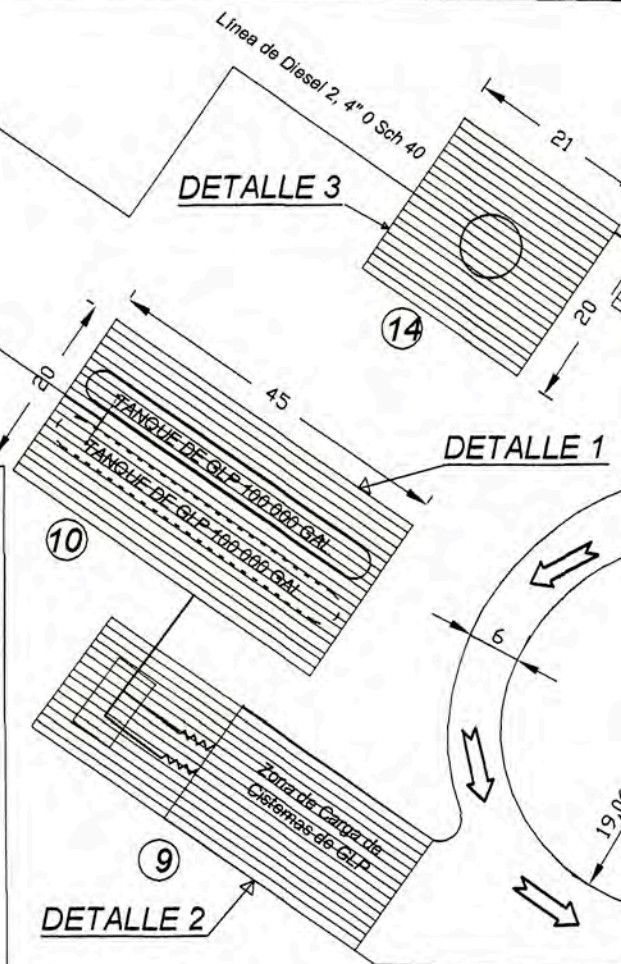
Entrada a 389.8 m de la Panamericana Sur Km 245 (antes Km 247)



BATERIAS DE TANQUES DE GLP

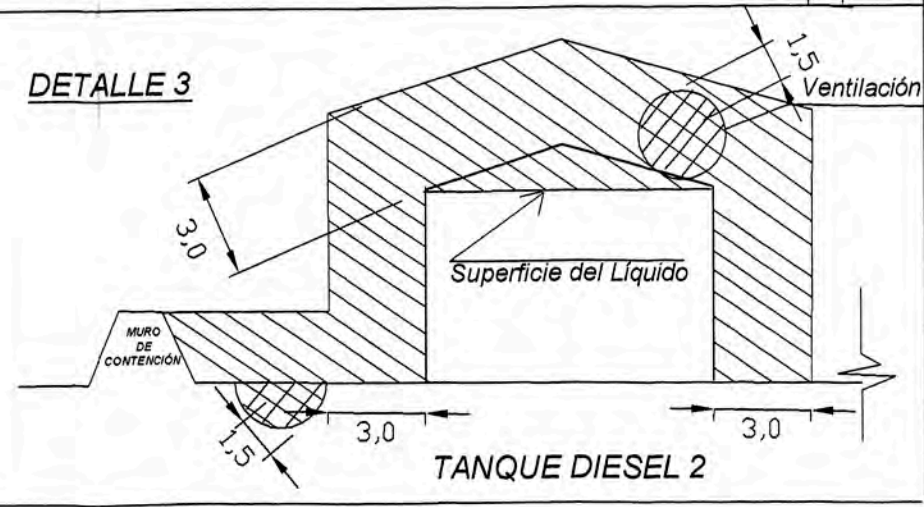


TRANSFERENCIA DE GLP O DIESEL



DETALLE 2

DETALLE 1



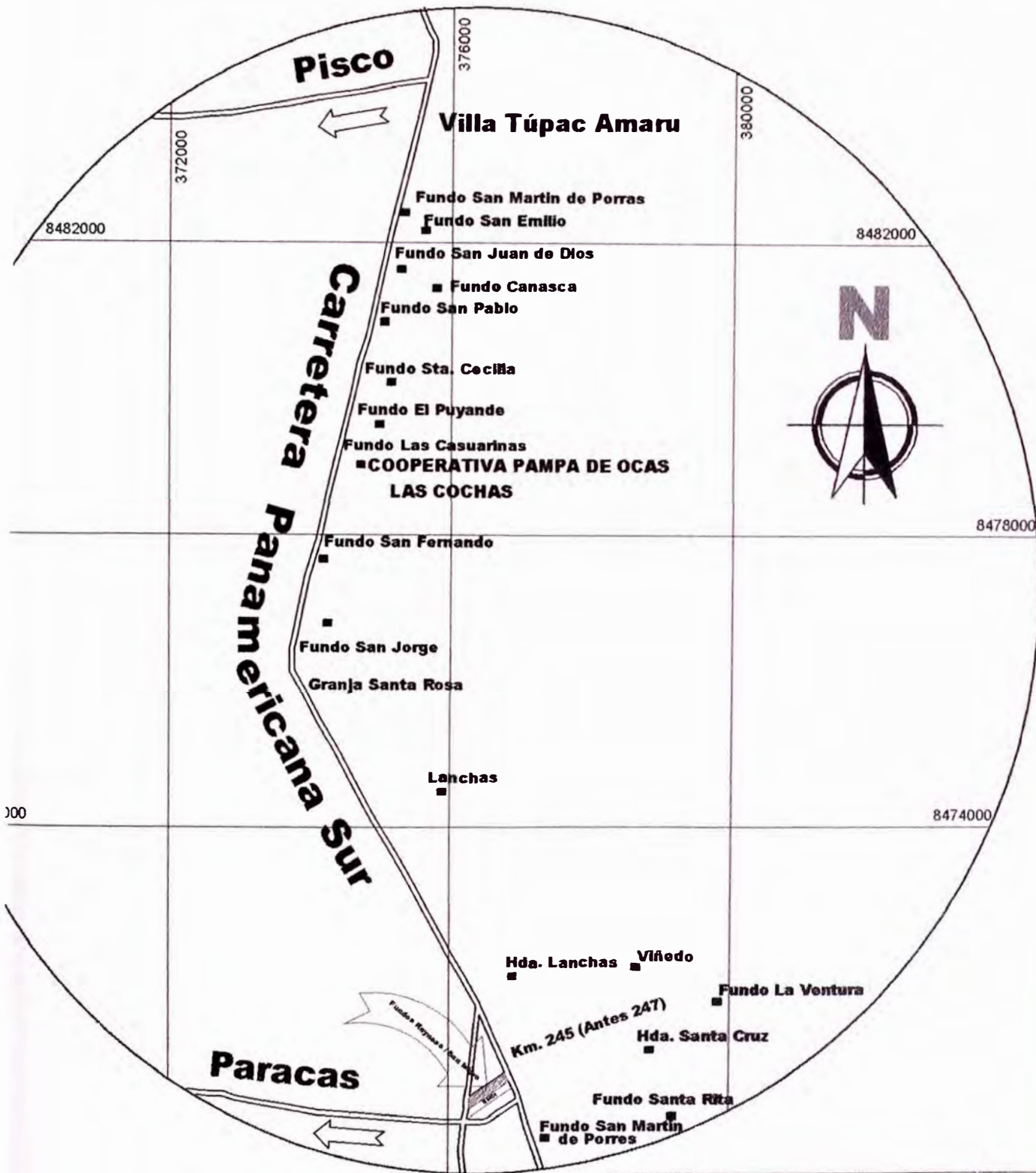
- División 1
- División 2
- Sin Clasificar

**LEYENDA**

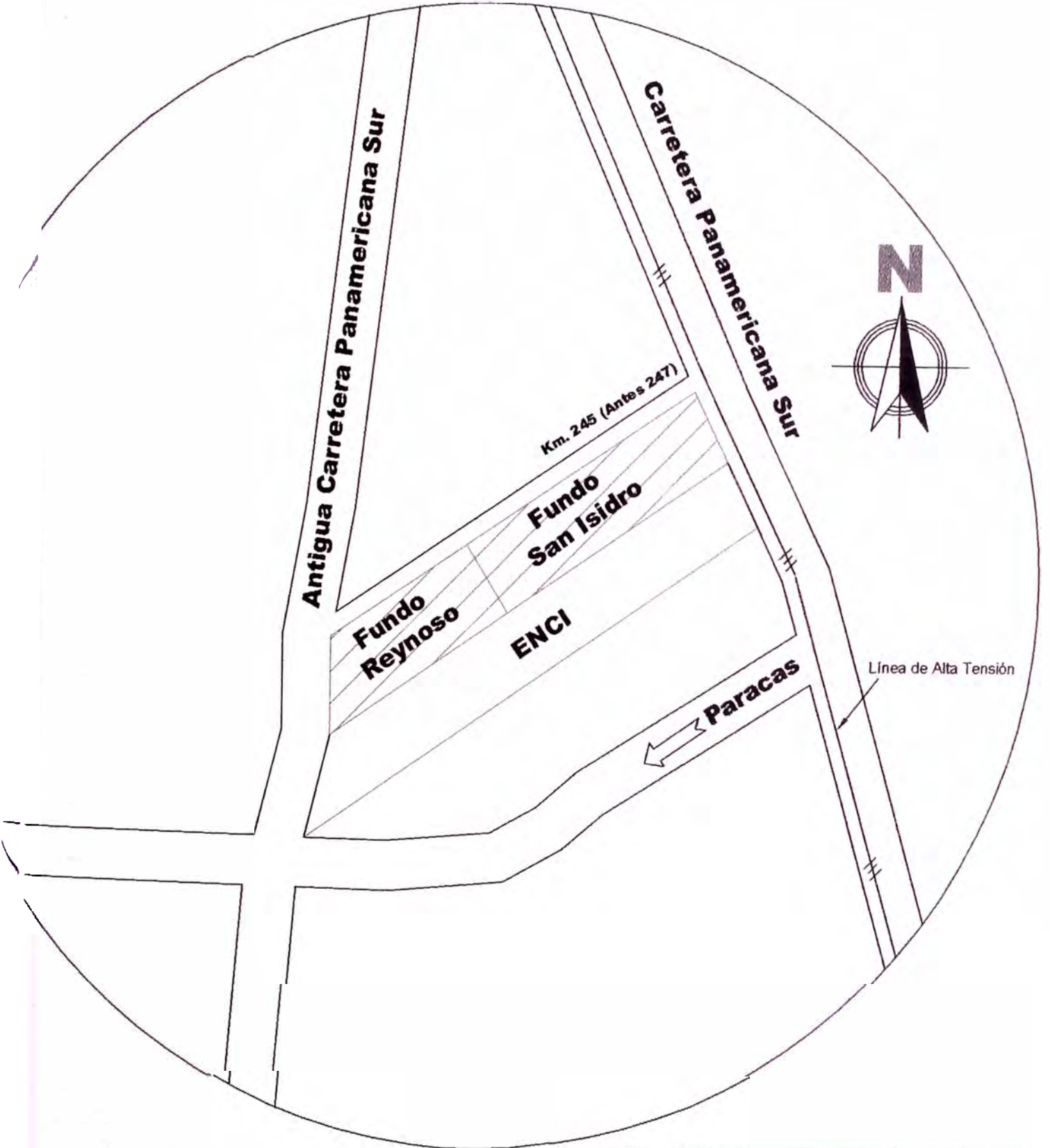
UBIC.	DESCRIPCION	UBIC.	DESCRIPCION
①	Panamericana Sur Km. 245 (antes 247) a 389.8 m	⑧	Vía de Salida
②	Entrada Principal	⑨	Zona de Trasiego
③	Zona de Parqueo	⑩	Batería de Tanques Cilíndricos Horizontales para Almacenar GLP
④	Control de Ingreso y Salida	⑪	Cisterna para Almacenamiento de Agua Contra Incendio
⑤	Balanza Electrónica	⑫	Caseta de Vigilancia
⑥	Oficina Administrativa y Laboratorio	⑭	Tanque de Almacenamiento Diesel 2, 60 000 galones
⑦	Casa de Máquinas		

**UNIDADES:**  
Las unidades están en metros (m) excepto el diámetro de las tuberías que están en pulgadas (pulg.).

DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: <b>PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2</b>	PLANO: <b>12.8.6</b>
PROVINCIA: PISCO	Plano: CLASIFICACIÓN DE ÁREAS INFLAMABLES SISTEMA ELÉCTRICO	
DISTRITO: PARACAS	DIBUJO CAD: ELLIOTT CULQUI	REVISADO: ESC: 1/750
	FECHA: Oct. 2004	



DEPARTAMENTO: ICA	Proyecto: <b>PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2</b>				PLANO:
PROVINCIA: PISCO	Plano: <b>SITUACION</b>				12.8.1
DISTRITO: PARACAS	DISEÑO CAD:	REVISADO:	ESC:	FECHA:	
	ELIOTT CARLOS		1:10000	01.10.2004	



DEPARTAMENTO: ICA	<b>Proyecto:</b> PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE GLP Y DIESEL 2			PLANO
PROVINCIA: PISCO	<b>Pla no:</b> UBICACION			12.8.2
DISTRITO: PARACAS	DEBUDICAD: ELIOTT CULZOR	REVISADO:	ESC: 1/8000	FECHA: OCT 2004



## Capítulo 13.

### Bibliografía Consultada

- Barriga, Miguel.** "EVALUACION DE RIESGOS EN LA REFINERÍA AZTCAPOTZALCO (DISTRITO FEDERAL, MEX,) Y TULA (EDO. DE HIDALGO, MEX,)." Discurso para el Seminario Sobre Desastres Tecnológicos Asociados con Agentes Químicos. Mexico 1987.
- Birk, A.M.** BLEVE Research. Canada: Queen's University at Kingston. 6 Oct. 1996 <[http://conn.me.queensu.ca/app\\_sci/rip/birk.htm](http://conn.me.queensu.ca/app_sci/rip/birk.htm)> (24 Jun 2004). 19pp.
- Brasie, W.C.** "The Hazard Potential of Chemicals." Loss Prevention Vol. 10. 1976:135-140.
- Candel, Filomeno.** "La gerencia de riesgos en la empresa industrial." INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1985: 67-75.
- Cardona, Omar D.** "EVALUACION DE LA AMANENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO." PNUD/UNDRO Taller Regional de Capacitación Para Desastres. Colombia.
- Casal, Joaquim, etc.** Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2001.
- Castellanos, J. A.** "Por qué y cómo asignar un SIL a un proceso industrial." INGENIERIA QUIMICA Febrero 2004: 92-98.
- Fernández, Marco. A.** "LOS ESTUDIOS DE SEGURIDAD EN LA PREDICCIÓN DE RIESGOS TECNOLÓGICOS MAYORES." INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1988: 59-66.
- Fine, T. William.** Mathematical Evaluations for Controlling Hazard U.S. Department of Commerce. Washington DC, 1971.
- Gibson, S.B.** "Hazard Analysis and Risk Criteria." Chemical Engineering Progress Nov. 1980: 46-50.
- Guymer, Paul** "Probabilistic Risk Assessment in the CPI." Chemical Engineering Progress Jan. 1987: 37-45.
- Jourdan, Louis.** "VALORACION DEL RIESGO EN LAS INDUSTRIAS DE PROCESO." INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1988: 35-38.
- Kletz, T.A.** "Unconfined Vapor Cloud Explosions." Loss Prevention Vol. 11. 1977:50-69.
- Kletz, Trevor.** ¿Que fallo?...Desastres en plantas con procesos químicos ¿Cómo evitarlos?. Traducción Felipe Blanco Gal. Madrid: McGraw Hill, 2002.
- Krahl, Lane.** "POLACY OPTIONS FOR PREVENTING AND RESPONDING TO CHEMICAL EMERGENCIAS." Discurso para el Seminario Sobre Desastres Tecnológicos Asociados con Agentes Químicos. Mexico 1987.

- Lands, H.J.D.** "Identifying and evaluating risks." Industry and Environment July-Aug.-Sept. 1988: 7- 14.
- Lee J.H. et.** "Blast Effects from Vapor Cloud Explosions." Los Prevention Vol. 11. 1977: 59-69.
- Manual de Operaciones de Gas Licuado de Petróleo Petróleos del Perú 1978.**
- Martinez, Silverio.** "Evaluación de riesgos durante la obtención y transporte de gases y Líquidos Criogénicos : Oxígeno e Hidrógeno." Discurso para el Seminario Sobre Desastres Tecnológicos Asociados con Agentes Químicos. Mexico 1987.
- Martinsen, W.E. et.** "BLEVEs: Their causes, effects and prevention." Hydrocarbon Processing Nov. 1986: 141-148.
- McNaughton, Daniel, et.** "Evaluating Emergency Response Models for Chemical Industry." Chemical Engineering Progress Jan. 1987: 46-51.
- Miller, J.M.** "Reliability of Fire Protection Systems." Chemical Engineering Progress April 1974: 62-67.
- NFPA, 10,11, 13, 15, 20, 24 y 58.** "Estándares de Protección Contra Incendio." National Fire Protection Association. Versiones: 1995-2004
- Planas, Guillermo.** "LA SEGURIDAD EN EL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUIMICOS." INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1988: 75-89.
- Prugh, R.W.** "Application of Fault Tree Analysis." Chemical Engineering Progress July 1980: 59-66.
- Ramsden, Niall.** "Oil companies join forces for safety." FIRE International Oct.-Nov. 1997:33-34.
- Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos, D.S.Nº 052-93-EM: 1993**
- Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos Derivados de los Hidrocarburos, D.S.Nº 053-93-EM: 1993**
- Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo, D.S.Nº 01-94-EM:1994**
- Sigales, Bartolomeu.** "Condicionantes técnicos del riesgo. Parte I" INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1985: 31-40.
- Sigales, Bartolomeu.** "Condicionantes técnicos del riesgo. Parte II" INGENIERIA QUIMICA Octubre 1985: 67-77.
- Stoch de García, José M.** "Almacenamiento para productos químicos." INGENIERIA QUIMICA Setiembre 1985: 51-56.
- Storch de García, José M.** MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PLANTAS QUIMICAS Y PETROLERAS. Volumen I y II. Madrid: McGraw Hill, 1998.
- Stull.** Fundamental of Fire and Explosion N.P.1977: 37-107.
- Toffel, Michael W..** "Estimating and Controlling Workplace Risk: An Approach for Occupational Hygiene and Safety Professionals." Applied Occupational and Environmental Hygiene. Vol 17(7) 2004: 477-485.
- Viking Corporation Inc.** "Water Spray Design Manual." USA 1977: 286-290.
- Waring, Alan.** "Managing safety and controlling risks." FIRE International April-May. 1997: 24.
- Woods, J.T.** "Preventing Flammable Atmosphere in Electrical Equipment Rooms." Chemical Engineering Progress Nov. 1980: 55-58.

## **Documentación del Graduando**