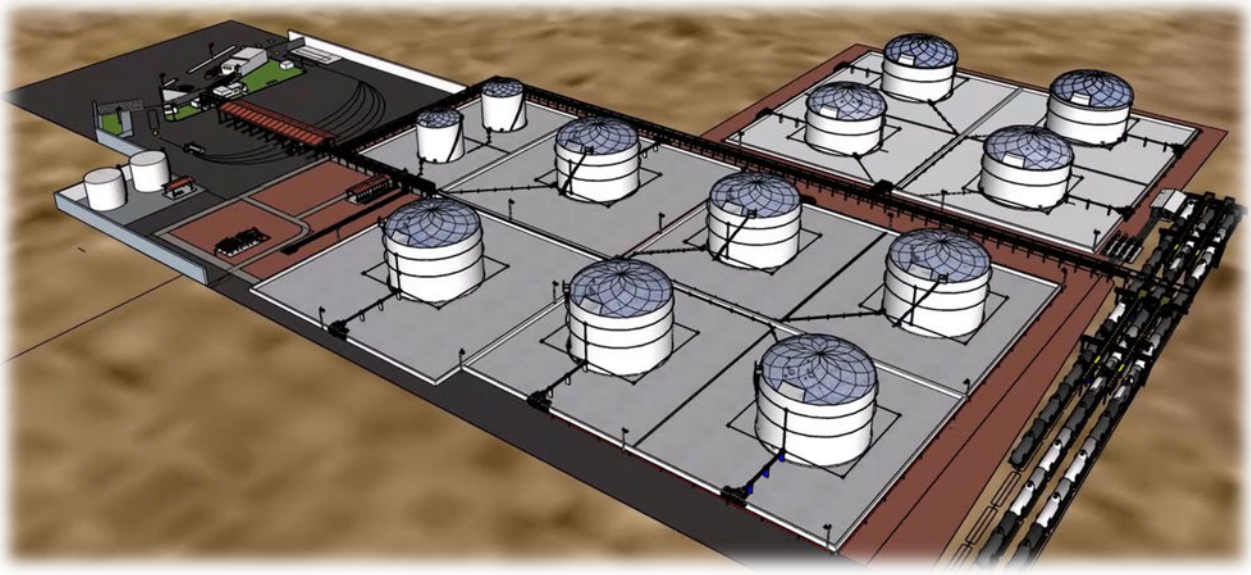
ANÁLISIS DE RIESGO
SECTOR HIDROCARBUROS



OMANOR, S.A. DE C.V.

Etapa de Diseño (Ingeniería Básica)

“Terminal de Fluidos De Empalme”

Empalme, Sonora.

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	CLIENTE	
			FIRMA	FECHA
A	13-DIC-2020	PARA REVISIÓN Y COMENTARIOS		

ANÁLISIS DE RIESGO PARA EL SECTOR HIDROCARBUROS	No. de Reporte	
	NO. EYP-ARSH-122020-09	
ELABORÓ: QV GESTIÓN AMBIENTAL	FECHA: 13-DICIEMBRE-2020	PAGINA: 1 DE 3

A. Objetivo

La actividad de Almacenamiento de Petrolíferos es considerada una de las más importantes en la cadena del Sector Hidrocarburos en virtud de contribuir a mantener la estabilidad en las reservas así como apalancar otras actividades relacionadas; por tal motivo debe llevarse a cabo observando procedimientos que impidan poner en riesgo la Seguridad Industrial, Operativa y la Protección al Medio Ambiente.

Por lo anterior, el objetivo central es la identificación de los peligros potenciales; la evaluación de los riesgos asociados a factores externos, fallas en los sistemas de control, sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración en la operación de la "Terminal de Fluidos De Empalme" (Proyecto). Lo anterior con el fin de estimar la magnitud de los daños y/o efectos sobre los receptores de riesgo e implementar las medidas de prevención, control y/o mitigación efectivas para la protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones del Sector Hidrocarburos.

B. Alcance

El presente Estudio corresponde a la Actualización del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, mismo que se realiza para la etapa de Diseño de Ingeniería Básica de la "Terminal de Fluidos De Empalme", propiedad de OMANOR, S.A. DE C.V. La Terminal está conformada por infraestructura para la recepción de combustibles por buque-tanque y carro-tanque, un sistema de almacenamiento y un sistema de entrega por ferrocarril (carro-tanques) y auto-tanques. La Terminal de Fluidos el Empalme, permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos.

Para los alcances descritos, se desarrollan las siguientes actividades:

- Recopilación, verificación, análisis y procesamiento de información, lo que incluye la revisión de la información proporcionada por el cliente, las modificaciones y/o actualizaciones correspondientes.
- Análisis preliminar de peligros utilizando la metodología de Lista de Verificación.
- Identificación de los peligros y evaluación de riesgos (análisis cualitativo) utilizando la metodología HazOp.
- Jerarquización de los riesgos identificados de acuerdo con los criterios establecidos en las matrices de riesgos.
- Diferenciación por importancia de los factores que contribuyen a los riesgos identificados.
- Estimación de la frecuencia cuantitativa de los escenarios de accidentes postulados en zonas de riesgo Serio (B) y Alto (A) del análisis cualitativo de riesgos, utilizando la metodología de árboles de fallos (Análisis Cuantitativo).
- Fundamentación de escenarios de accidentes y evaluación de sus consecuencias con el software PHAST Versión 6.7.
- Priorización de las mejoras, propuestas y medidas de control de acuerdo con la importancia de los riesgos obtenidos, las cuales previenen o mitigan dichos eventos de riesgo.

- Elaboración del reporte que integre la información resultante de los puntos anteriores y los documentos recopilados.

ÍNDICE

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 2

I.1. CRITERIOS Y NORMAS CONSIDERADAS EN LAS BASES DE DISEÑO DEL PROYECTO. 4

I.2. PROYECTO. 8

I.2.1 CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS PRINCIPALES Y AUXILIARES. 10

I.3. TRANSPORTE POR DUCTOS 23

TABLAS

Tabla I.1. Coordenadas UTM de localización y área de construcción de la Terminal. 4

Tabla I.2. Capacidades por Tanque de Almacenamiento. 9

Tabla I.3. Capacidad operativa y de construcción de los Tanques de Almacenamiento. 12

Tabla I.4. Características de equipos principales y auxiliares del Proyecto. 21

Tabla I.5. Características del Ducto de 16" Ø. para transporte de petrolíferos. 26

FIGURAS

Figura I.1. Localización del Proyecto. 3

Figura I.2. Plano de Arreglo General de la Terminal de Fluidos De Empalme. 20

Figura I.3. Representación gráfica de PLEM (lado izquierdo) y trayectoria del ducto hacia la Terminal (lado derecho)..... 26

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

La Terminal de Fluidos De Empalme (en adelante El Proyecto) se encuentra autorizado en materia de impacto y riesgo ambiental por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) mediante el oficio ASEA/UGI/DGGPI/1003/2018 de fecha 16 de mayo de 2018 a nombre de la empresa Omanor, S.A. de C.V. (en adelante el Regulado).

Así mismo, el Regulado solicitó la modificación de El Proyecto, requiriendo la inclusión de un sistema Mono-boya con un solo punto de amarre y la adición de 4 tanques para el almacenamiento de combustible, ampliando el número de llenaderas, pasando de 6 a 11. De lo anterior, se obtuvo la autorización a la modificación en materia de impacto y riesgo ambiental por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) mediante el oficio ASEA/UGI/DGGPI/0116/2020 de fecha 23 de enero de 2020 a nombre de la empresa Omanor, S.A. de C.V., sin embargo, por motivos de gestión de trámites y cuestiones financieras, el proyecto no pudo desarrollarse dentro del plazo establecido en su autorización, feneciendo su vigencia, por lo cual la empresa lo ingresa nuevamente a través de la presente actualización del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, con la finalidad de obtener nuevamente su autorización. Cabe señalar que el proyecto mantiene su ubicación y las mismas obras y actividades que le fueron ya autorizadas, tanto en zona marina como en zona terrestre, y solo se actualizaron los métodos constructivos a las necesidades del proyecto

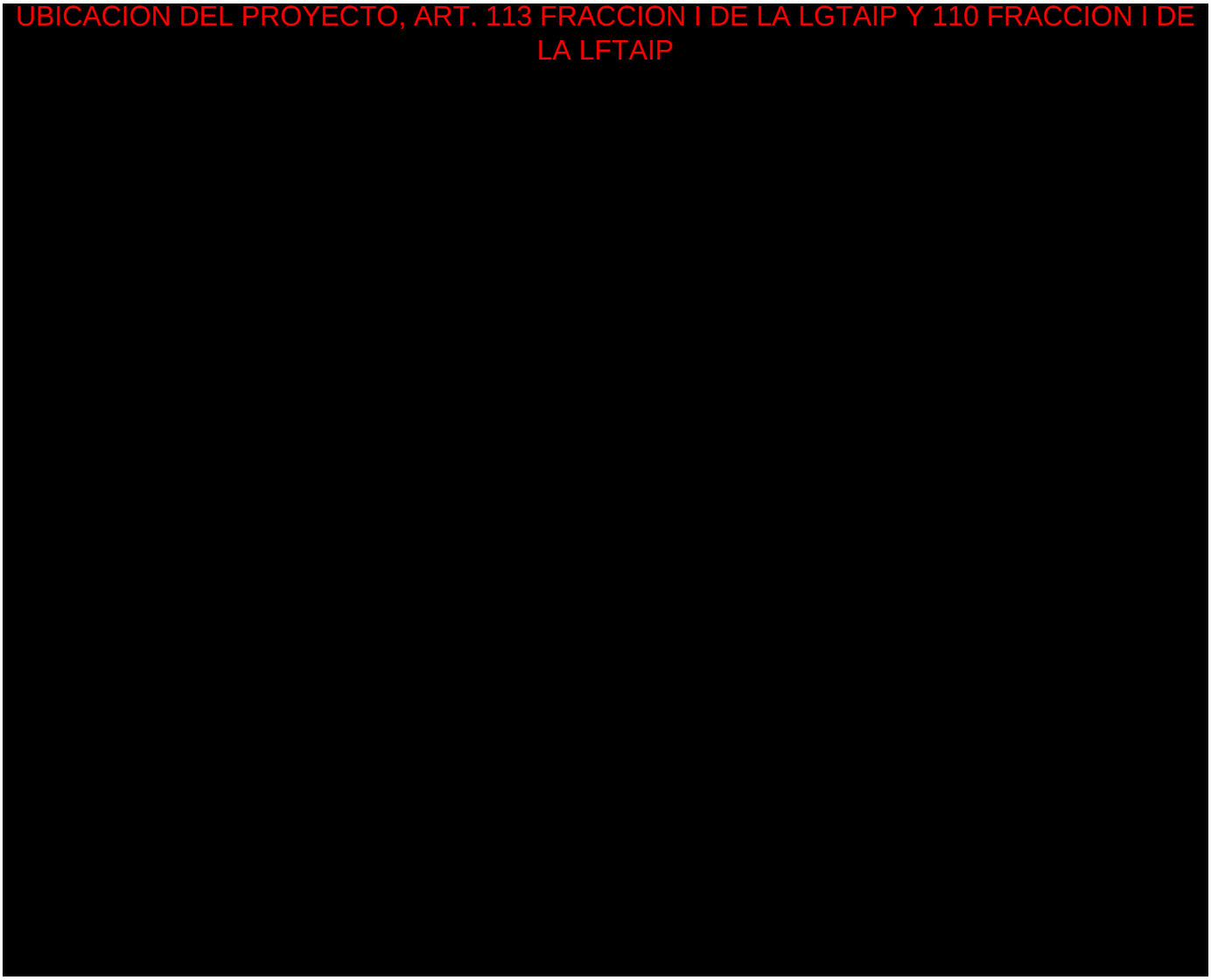
Como ya se mencionó el presente Estudio corresponde a la Actualización del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, mismo que se realiza para la etapa de Diseño de Ingeniería Básica de la "Terminal de Fluidos De Empalme", propiedad de OMANOR, S.A. DE C.V. La Terminal está conformada por infraestructura para la recepción de combustibles por buque-tanque y carro-tanque, un sistema de almacenamiento y un sistema de entrega por ferrocarril (carro-tanques) y auto-tanques. La Terminal de Fluidos de Empalme, permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos.

El Proyecto se ubicará en la costa oeste de México, cerca de la localidad de Empalme y el Puerto de Guaymas, en el municipio de Empalme del estado de Sonora. (**Ver Figura I.1**).

El Proyecto contempla iniciar operaciones en el mes de Enero del año 2026.

El combustible recibido será almacenado en Tanques; 5 para Gasolina Magna con capacidades de operación de 100,000 barriles (bbl) c/u, 3 Tanques para Diésel con capacidad de 100,000 bbl, 2 tanques de Gasolina Premium de igual capacidad (100,000 bbl), 2 Tanques de 25,000 bbl; uno para Etanol y otro para Turbosina, y 1 de Transmix con capacidad de 5,000 bbl; así mismo, con la siguiente capacidad máxima de almacenamiento: para Gasolina Magna, Premium y Diésel de 114,000 bbl c/u, para Etanol y/o turbosina de 30 bbl y para Transmix de 6,000 bbl. Posteriormente el producto se envía a las Estaciones de Carga para Auto-tanques y ferrocarril, para su distribución y venta.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



El Proyecto permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos. Misma que tendrá la capacidad de manejar los siguientes hidrocarburos:

- Gasolina Regular (Magna)
- Gasolina Premium
- Diésel (ultra bajo en azufre)
- Turbosina
- Etanol (como oxigenante).

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

I.1. Criterios y Normas Consideradas en las Bases de Diseño del Proyecto.

Todos los equipos, sistemas, instalaciones y obras complementarias que integran la Terminal se diseñaron bajo la siguiente normatividad:

NORMAS, CÓDIGOS Y ESTÁNDARES APLICABLES

Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-093-SCFI-1994, Válvulas de relevo de presión. - Seguridad, seguridad-alivio y alivio.
- NOM-001-ECOL-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-002-STPS-201 O, Condiciones de Seguridad. Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)

- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-100-STPS-1994, Seguridad - Extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida - Especificaciones.
- NOM-027-STPS-1994, Señales y avisos de seguridad e higiene.
- NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- NOM-059-SEMARNAT-2010, Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y sus especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo.
-

Normas Mexicanas

- NMX-B-010-1986, Industria siderúrgica tubos de acero al carbono sin costura o soldados, negros o galvanizados por inmersión en caliente para usos comunes.
- NMX-B-177-1990, Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente.
- NMX-B-179-1983, Productos siderúrgicos, tubos de acero con o sin costura, series dimensionales.
-

Leyes, Reglamentos y Disposiciones

- Ley de Hidrocarburos
- Reglamento de la Ley de Hidrocarburos
- Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Resolutivos emitidos por la Autoridad
- Disposiciones Administrativas de Carácter General
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y sus Reglamentos en Materia de Impacto Ambiental Residuos Peligrosos, Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera, Aguas y Ruido.
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de evaluación del impacto ambiental
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera
- Leyes y Reglamentos Estatales y/o Municipales aplicables

- Reglamento de Construcción vigente, de la entidad federativa correspondiente.
- SEMARNAT-07-013 , Rev.04, Capítulo VI del Programa para Prevención de Accidentes
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

Estándares / Mejores prácticas en la Industria de petrolíferos

- AAR Railway far engineering manual
- API 2610 - Design, Construction, Operation, Maintenance, and Inspection of Terminal & Tank Facilities.
- API 421 - Design and operation of oil-water separators.
- API RP 520-Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries.
- API 521-Pressure-relieving and Depressuring Systems .
- API 594 - Dual Plate Check Valves.
- API 599 - Metal Plug Valves- Flanged, Threaded, and Welding Ends.
- API 600 - Cast Steel Valves
- API 602 - Gate, Globe, and Check Valves far Sizes DN 100 (NPS 4) and Smaller far the Petroleum and Natural Gas Industries.
- API 609 - Butterfly Valves : Double-flanged, Lug-and Wafer-type.
- API 623 - Steel Globe Valves- Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets.
- API 650 - Welded Steel Tanks far Oil Storage.
- AP I 653 - Tank inspection, repair and reconstruction.
- API RP 1004-Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 Tank Motor Vehieles.
- API 2000 - Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks.
- API 261O - Design, Construction , Operation, Maintenance, and Inspection of Terminal & Tank Facilities
- API 650 - Welded Steel Tanks for Oil Storage; American Petroleum Institute
- API 2015 - Requirements for Safe Entry and Cleaning of Petroleum Storage Tanks
- API 1632 - Cathodic Protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping Systems
- Appendix II-F - Protected Aboveground Tanks for Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations Outside Buildings; Uniform Fire Code

- ASME B31.3 Design of chemical and petroleum plants and refineries processing chemicals and hydrocarbons, water and steam.
- ASME 831.4 Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids.
- IEEE 515-Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications.
- ISGOTT 5a. edition, ICOS/OCIMF/IPAH - nternational Safety Guide for Oil Tankers and Terminals.
- ISO 10434-Bolted bonnet steel gate valves for the petroleum, petrochemical and allied industries.
- ISO 14313-Petroleum and natural gas ndustries-Pipeline transportation systems-Pipeline alves.
- NFPA Fire Protection Handbook.
- NFPA 10 - Estándar para Extintores de fuego portátiles
- NFPA 11-Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.
- NFPA 14-Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.
- NFPA 15-Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection.
- NFPA 16-Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam- Water Spray Systems.
- NFPA 20-Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.
- NFPA 22-Standard for Water Tanks for Prívate Fire Protection.
- NFPA 24 - Standard for the Installation of Prívate Fire Service Mains and Their Appurtenances .
- NFPA 25 - Standard for the Inspection, Testing , and Maintenance of Water- Based Fire Protection Systems .
- NFPA 30 - Flammable and combustible liquids code.
- NFPA 80 - Standard for Fire Doors and Fire Windows; National Fire Protection Association
- NFPA 90A - Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems; National Fire Protection Association
- NFPA 101 - Código de Seguridad Humana
- NFPA 780 - Standard for the installation of Lightning Protection Systems
- UL 515-Standard for Electrical Resistance Trace Heating for Commercial Applications.
- USCG 33 CFR 154-Facilities transferring oil or hazardous material in bulk.
- USCG 46 CFR 39-Vapor control systems.
- ASTM A-307 - Standard Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength bolts, carbon steel.

- ASTM A-216 - Standard Specification far Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, far High- Temperature Service
- R893-89 - Recommended Practice for Externa! Corrosion Protection of Shop Fabricated Aboveground Tank Floors; Steel Tanks Institute.
- R892-91 - Recommended Practice for Corrosion Protection of Underground Piping Networks Associated With Liquid Storage And Dispensing Systems; Steel Tanks Institute.
- R891-91 - Recornrnended Practice for Hold down Strap Isolation; Steel Tanks Institute.
- RP011-01 - Recommended Practice for Anchoring Of Steel Underground Storage Tanks; Steel Tanks Institute.
- RP-400 - Recommended Procedure for Testing of Electrical Continuity of Fuel- Dispensing Hanging Hardware; Petroleum Equipment Institute.
- SWRI 93-01 - Testing Requirements for Protected Aboveground Flammable Liquid Fuel Storage Tanks; Southwest Research Institute.
- UL 79 - Power-Operated Pumps for Petroleum Dispensing Products; Underwriters Laboratories Inc. UL 87 - Power-Operated Dispensing Devices for Petroleum Products; Underwriters Laboratories Inc. UL 525 - Standard for Safety for Flame Arresters; Underwriters Laboratories Inc.
- UL 2244 - Aboveground Flammable Liquid Tank Systems; Underwriters Laboratories Inc.

Ver Anexo 2, inciso a. Memoria Técnico Descriptiva.

I.2. PROYECTO.

La Terminal tendrá la capacidad de recibir productos petrolíferos por buque tanque a través de tubería submarina de interconexión entre una monoboya y un PLEM (Pipeline end manifold) y la Terminal Terrestre de Almacenamiento, la cual considera lo siguiente:

a) La descarga del buque será de una capacidad máxima de 350,000 BPD operando las dos líneas.

b) El Proyecto considera una capacidad de almacenamiento Operativa de 1,050,000 Bbls. y Capacidad Nominal:1,200,000 Bbls. y considera el diseño y construcción en dos etapas (**Ver Tabla I.2**):

- La primera etapa de la Terminal operará con una capacidad de almacenamiento de 650,000 Bbls (744,000 Bbls Capacidad Nominal)
- En una segunda etapa de 400,000 Bbls (456,000 Bbls Capacidad Nominal).

Tabla I.2. Capacidades por Tanque de Almacenamiento.

Tanque (TAG)	Producto	Capacidad por Tanque al 87% de llenado (Capacidad Operativa)	Capacidad por tanque al 100% de llenado (Capacidad Construida)	Código de Diseño
Primera Etapa				
TV-001	Diésel	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-002	Diésel	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-003	Gasolina Regular	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-004	Gasolina Regular	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-005	Gasolina Regular	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-006	Gasolina Premium	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-007	Etanol	25 000 Bbls	30 000 Bbls	API-650
TV-008	Turbosina	25 000 Bbls	30 000 Bbls	API-650
TV-009	Trans-Mix	5 000 Bbls	6 000 Bbls	API-650
Segunda etapa				
TV-010	Gasolina Regular	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-011	Gasolina Regular	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-012	Diésel	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650
TV-013	Gasolina Premium	100 000 Bbls	114 000 Bbls	API-650

c) En los sistemas de entrega a base de llenaderas de auto-tanques , la terminal contará con 7 posiciones de llenado de una capacidad de 500 GPM, en la primera etapa y en una segunda etapa incluirá la adición de 4 llenaderas de la misma capacidad

d) La estación de llenado de petrolíferos por carro-tanque, contará con la dualidad de descargadera para la recepción de producto vía ferrocarril. Esto le dará a la Terminal mucha versatilidad comercial para operar diversas cargas, contando con 8 posiciones con una capacidad de 1892.7 litros/min (500 GPM).

e) Capacidad de despacho para auto-tanques para manejo de 32,200 BPD y una segunda etapa para una capacidad de 54,000 BPD.

f) En el área de llenaderas se dispondrá de una descargadera para Auto-tanque para Etanol de una capacidad de 500 GPM.

g) Así mismo se contará con una descargadera para recibir producto fuera de especificación, cuando así lo dispongan los clientes.

h) Los sistemas de medición de flujo PM-01 y PM-02 están diseñados para alinearse los dos y medir al mismo tiempo cuando la descarga del buque sea con un flujo mayor a los 175,000 BPD, de tal forma que cada patín pueda mediar hasta 175,000 BPD. Cuando el flujo sea menor o igual a los 175,000 BPD, solo operará uno de ellos.

i) Adicionalmente para los servicios auxiliares se contará con los siguientes tanques:

- 1 tanque para Agua de Servicios
- 1 tanque para Agua Recuperada
- 2 tanques para Agua Contra Incendio de 20,000 Bbls.

El acceso a la Terminal se localizará en el kilómetro 104 de la carretera internacional México-Nogales #15, en el tramo Guaymas-Cd. Obregón. La delegación de SCT Centro Sonora, mediante oficio No. SCT.725.03. 016/2018 ya contempla en su planeación el acceso a la Terminal y un cruce ferroviario de acceso a la misma.

Habrá dos accesos:

- Entrada 1: Auto-tanques, visitas y empleados de la terminal, por la calle de acceso
- Entrada 2: Carro-tanques de ferrocarril, por la espuela de FFCC

Los Auto-tanques que acudan a la terminal tendrán acceso por la entrada principal donde habrá un sistema de control de acceso automatizado detección que activará su registro previo y notificará al cuarto de control de la terminal informándole:

- Rostro el conductor
- Identificación
- Tipo de Vehículo
- Matrícula

Ya en el perímetro de la Terminal de almacenamiento habrá un segundo filtro donde con el mismo sensor se activará la puerta para darle acceso al Auto-tanque a la Terminal.

En el caso del público en general, se ordenará al guardia de seguridad solicitarle su documentación de identificación personal en el primer acceso en el perímetro del predio OMANOR y la carretera internacional.

Los visitantes de la terminal podrán usar los espacios de estacionamiento que se han diseñado donde podrán dejar sus vehículos durante su visita.

I.2.1 Características de Equipos Principales y Auxiliares.

El alcance de las instalaciones del Proyecto, comprende las siguientes áreas

1. Descarga de producto a 7.5 km del Puerto (Amarre tipo Mono-Boya)
2. PLEM (Pipeline end manifold)
3. Tubería submarina de 16" Ø con longitud de 7.1 km
4. Recibo en tierra (tubería terrestre de 16" Ø con longitud de 0.5 km)
5. Almacenamiento
6. Bombeo
7. Despacho

Recepción de Productos (Petrolíferos) por Buque-tanque.

De acuerdo al diseño, los productos (petrolíferos) vendrán del barco a través de la monoboya y las tuberías marinas subterráneas. La energía para descargar el producto del barco lo proporcionan las bombas del barco, logrando enviar el producto hasta los tanques de la Terminal.

Con la finalidad de poder verificar la medición del recibo de los productos en la terminal se implementará un sistema de medición de flujo, para la medición de gasolinas, diésel y etanol.

Los sistemas de medición de caudal estarán incluidos la compensación por presión y temperatura y referenciado a 15ºC.

Los Patines de Medición que medirán los productos petrolíferos provenientes del Buque-tanque, son los siguientes:

TAG de Patín de Medición	Flujo Maximo	Producto a medir
PM-01	175,000 BPD Arreglo (1+1)	Regular
PM-02	175,000 BPD Arreglo (1+1)	Diésel
PM-03	100,000 BPD Arreglo (1+1)	Premium
PM-04	60,000 BPD Arreglo (1+1)	Etanol

Todos los patines de medición contarán con la instrumentación propia para la medición de los petrolíferos de acuerdo al API MPMS 5.6 "Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 5 - Metering Section 6-Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meter".

Se conforman por los siguientes elementos:

a) Medidor de Flujo tipo Coriolis
b) Transmisor de Densidad
c) Válvula de control de flujo
d) Válvula de On/Off
e) Transmisor Indicador de Presión Manométrica
f) Transmisor de temperatura
g) Indicador de Presión Manométrica
h) Válvulas manuales
i) Computador de flujo (FQI

Recepción de Productos por Carro-tanque

La estación de llenado de petrolíferos para ferrocarril, contará con la dualidad de dercargaderas para la recepción de producto vía ferrocarril. Esto le dará a la terminal mucha versatilidad comercial para operar diversas cargas.

En los sistemas de descarga a base de carro-tanques, la Terminal contará con 8 posiciones de descarga, cada una con 4 brazos de sencillos de carga por la parte inferior, de una capacidad de 500 GPM cada una.

Se tendrán 4 skids para medición de la descarga, uno por tipo de fluido para la medición y control del lote de llenado y de los sistemas de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia.

Además del sistema de bombeo, se contará con un Sistema de Recuperación de Vapores y un Sistema de Seguridad conformada por el subsistema de Detección de Gas y Fuego, subsistema de Protección Contra Incendios, subsistema de prevención y contención de derrames, así como el Sistema de Paro por Emergencia, sistema de Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

Recepción de Etanol por Auto-tanque

Así mismo en el área de llenaderas se dispondrá de una descargadera para Auto-tanque para producto de Etanol, con una capacidad de 500 GPM, el cual se utilizará como oxigenante.

Almacenamiento de Combustibles.

El Proyecto considera una capacidad de almacenamiento Operativa de 1, 050,000 Bbls. y Capacidad Nominal: 1, 200,000 Bbls.

La primera etapa de la Terminal operará con una capacidad de almacenamiento de 650,000 Bbls (744,000 Bbls Capacidad Nominal) y en la segunda etapa de 400,000 Bbls (456,000 Bbls Capacidad Nominal).

El sistema de almacenamiento estará conformado por 12 Tanques Verticales para almacenar Diésel, Gasolinas, Etanol y/o Turbosina y 1 Tanque de 5 000 Bbls para manejo de Transmix. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los tanques de almacenamiento y capacidad operativa.

Tabla I.3. Capacidad operativa y de construcción de los Tanques de Almacenamiento.

Tanque	Producto	Cantidad de Tanque	Capacidad por Tanque al 86% de llenado (Capacidad Operativa)	Capacidad Total al 86% de llenado (Capacidad Operativa)	Capacidad total al 100% de llenado (Capacidad Construida)	Código de Diseño
TV-001/002/0012	Diésel	3	100 000 Bbls	300 000 Bbls	342,000 Bbls	API-650
TV-003/004/005/010/011	Gasolina Magna	5	100 000 Bbls	500 000 Bbls	570,000 Bbls	API-650
TV-006/013	Gasolina Premium	2	100 000 Bbls	200 000 Bbls	228,000 Bbls	API-650
TV-007/008	Etanol y/o Turbosina	2	25 000 Bbls	50 000 Bbls	60,000 Bbls	API-650
TOTALES				**1'050,000 Bbls**	**1'200,000 Bbls**	

Es importante mencionar que la superficie total que estaría ocupando el área de tanques, será de 82,870.08 m^2 (8.2870 Ha).

Los Tanques serán cilíndricos verticales nuevos, de piso plano, fabricados en acero al carbono con techo cónico soportado y membrana interna flotante tipo pontón. La presión interna de los tanques no excederá el peso de las placas del techo. Tendrán anillo de coronamiento en la parte superior del tanque. En caso de ser necesario por requerimientos de diseño el fabricante añadirá anillos de refuerzo intermedios externos para evitar la deformación del Tanque. El proveedor y/o fabricante deberá definir la cantidad y tamaño de los anillos de refuerzo intermedios externos en caso de ser requeridos según inciso 5 .9 API-650. Los tanques serán instalados a nivel del piso.

El diseño, materiales de construcción, la fabricación misma de los tanques, las pruebas e inspección deberán cumplir con todos los requisitos que se indican en esta especificación y hoja de datos.

El cálculo del espesor del tanque será aplicando los criterios de los incisos 5.6.3 y/o 5.6.4 según aplique de acuerdo API-650 .

Todos los tanques deberán diseñarse para efectos de sismos de acuerdo con lo indicado en el apéndice "E" del API-650.

Todas las placas del fondo deberán de tener un espesor mínimo nominal de 6.4 mm (1/4") (70 kPa, 10.2 $lbf/pulg^2$) sin considerar la corrosión permisible. Todas las placas rectangulares deberán tener un ancho mínimo de 1828 mm (72") según inciso 5.4 API-650.

Los tanques deberán estar provistos de drenajes y entradas hombre bridados de 600 mm (24 pulg.) de diámetro en techo y pared del cuerpo, las cuales deberán ser colocadas en una posición de fácil acceso. Así mismo deberán tener puertas de acceso para mantenimiento y ventilación en el techo para lo cual se aplicará el inciso 5.8.5 (API-650).

Cada tanque deberá tener un dique de contención donde la capacidad de contención debe de ser como mínimo igual al 110% de la capacidad nominal del tanque mayor, diseñado para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir a la altura total hidrostática, considerando el líquido almacenado como agua, deben ser construidos de concreto reforzado, en función del tipo de suelo y la zona sísmica del lugar. La altura del muro con respecto al piso de la calle, no debe ser mayor de 1.80 m., ni menor de 1.20 m.

Cuando dos o más tanques que almacenan líquidos de Clase 1 están en un área de contención secundaria y cualquiera de los tanques tiene más de 45 m (150 pies) de diámetro, debe haber una contención secundaria intermedia. La contención secundaria intermedia aislará el tanque de> 45 m de diámetro de todos los demás tanques.

Dentro de los diques de contención no deberá existir equipo eléctrico o materiales incompatibles.

Asimismo, las válvulas de entrada y salida de productos de los tanques de almacenamiento se deben localizar fuera del dique de contención y ningún material combustible, contenedor o tanque portátil (de aire, extintores, etc.) deberá encontrarse en el interior del dique de contención.

Todo tanque de almacenamiento debe tener como mínimo un frente de ataque, es decir, debe estar localizado adecuadamente para permitir el fácil acceso para que en caso de siniestro se faciliten las operaciones de atención de emergencias.

Equipos de Bombeo de la Terminal

El Sistema de Bombeo de la "Terminal de Fluidos De Empalme", será a base de bombas centrifugas para el trasiego de tanques a llenaderas y entre tanques.

Las bombas principales serán las de trasiego a llenaderas, de tal forma que un conjunto de bombas pueda trasegar por producto (Diésel, Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol), desde los tanques a las llenaderas. Una bomba o varias deberán ser calculadas para la demanda de cada producto y el número de llenaderas.

Como medida de seguridad todas las bombas que se implementen en la terminal deberán contar con un sistema de recirculación que evita la cavitación de las mismas o problema en el rechazo de carga de las llenaderas. Es decir, las bombas tendrán la capacidad por sí solas de recircular el fluido, cuando la demanda de trasiego del tanque a llenaderas sea cero.

Cada bomba será diseñada para manejo de 1,000, 750 y 400 GPM para cada producto. La cantidad de bomba se definirá con precisión durante la Ingeniería de detalle.

La alimentación eléctrica de los motores eléctricos de las bombas será a 480 VCA, 3F, 3H, 60 Hz.

La operación de las bombas se realizará de modo automático, controlada desde el sistema de control de la terminal. El arranque y paro será automático/manual de acuerdo al producto y a la llenadera seleccionada por sistema o el personal de operación, el paro será automático cuando el Preset alcance el volumen de carga asignada por el Sistema, los auto-tanques además contarán con un switch de nivel de sobrellenado y esta enviará la señal de paro al sistema por un alto nivel. Todas las bombas deberán cumplir con lo indicado en el API-610.

El control y arranque / paro de bombas contarán con variador de frecuencia en los arrancadores donde aplique, selector automático / manual / fuera y las variables eléctricas y el control serán integrados desde el Centro de Control de Motores mediante protocolo digital "Device Net"

El monitoreo de la operación de las bombas será una preocupación importante en esta terminal aprovechando las tecnologías a implementar en esta terminal. Todas las bombas tendrán el monitoreo de las presiones de descarga con la finalidad de monitorear la operación de estas. Esta medición servirá para poder sincronizar la válvula de recirculación de la bomba, exponiendo menos a estos equipos.

De igual forma se hará el monitoreo de los sellos de las bombas de forma continua, así como la vibración por el desgaste de los rodamientos, y todo estará centralizado al sistema de control, que permitirá dar la visibilidad de la salud de estos equipos importantes.

Sistema de Entrega de Producto (Llenaderas).

De acuerdo al diseño, la entrega de los productos de la Terminal de Fluidos De Empalme, se realizará por medio Auto-tanques y En Un Futuro A Carro-Tanques (Ferrocarril).

Auto-tanques

En la Primera Etapa el sistema de entrega será a base de llenaderas para auto tanques, se contará con 7 posiciones de llenado de una capacidad de 500 GPM, conformada mediante brazos sencillos de carga por la parte inferior de los mismos, incluyendo el sistema de medición y control del lote de llenado y los sistemas

de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia.

Una segunda etapa incluirá la adición de 4 llenaderas de la misma capacidad.

Carro-tanques

En los sistemas de entrega a base de llenaderas para carro-tanques, la terminal contará con 8 posiciones de llenado y cada una con 4 brazos sencillos de carga por la parte superior, de una capacidad de 500 GPM cada una. Cada brazo de carga incluirá un sistema de medición y control del lote de llenado y los sistemas de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia

Todas las posiciones de llenado contarán con la instrumentación propia para la medición y control del producto a despachar, de acuerdo al API 6.2 "Loading Rack Metering Systems"

Las llenaderas estarán conformadas por los siguientes elementos:

a) Medidor de flujo tipo Coriolis.
b) Válvula de control digital.
c) Transmisor indicador de presión manométrica.
d) Transmisor de temperatura.
e) Indicador de presión.
f) Válvula on-off.
g) Interruptor por alto nivel.
h) Unidad de control local (UCL).
i) Sistema de detección a tierra.
j) Válvula de sobrepresión por expansión térmica.
k) Válvulas manuales tipo bola.

También se incluye un sistema de Bombeo de trasiego de tanque a llenaderas, un Sistema de Recuperación de Vapores y un Sistema de Seguridad conformada por el subsistema de Detección de Gas y Fuego, un subsistema de Protección Contra Incendios, subsistema de prevención y contención de derrames y el Sistema de Paro por Emergencia

Tuberías

El diseño de tuberías se limita al manejo de fluidos definidos en la NOM-006-ASEA-2017 y en el Código ASME 831.3, ASME B31.4 vigentes.

Los cálculos de espesor de pared deben estar basados en ASME 831.3, los esfuerzos permisibles para la clasificación de línea en particular y su temperatura de diseño, así como las tolerancias mínimas del fabricante para los componentes. Todos los espesores de pared deberán ser adecuados para las condiciones de operación en cada caso

Condiciones de diseño de tuberías.

a) Los criterios de diseño para presión y temperatura deben estar de acuerdo con ASME 831.3
b) Al menos que sea anotado de otra manera, todas las temperaturas y presiones referidas son condiciones de diseño
c) Las bridas usadas en esta especificación deben ser clasificadas de acuerdo con ASME B16.5 o ASME 816.47

Diámetros de tubería y conexiones

a) No deben usarse componentes de tubería menores de 1/2" de diámetro nominal, a menos que se especifique en la clasificación de línea individual o que sean requeridos para conectar equipos o Instrumentos.
b) No se deben usar componentes de tubería con diámetros nominales de 1- 1/4", 3-1/2", 5" y 7".
c) El diámetro de 2 1/2" solamente se debe utilizar en el Sistema Contra incendio.

Medidas de la tornillería

a) La longitud del "Cap Screw" (tornillo) debe ser medida desde la superficie inferior de la cabeza hasta el punto extremo, de acuerdo al ASME 816.5.
b) La longitud del "stud-bolt" (espárrago) debe estar basada sobre la longitud efectiva de la rosca, de acuerdo al ASME 816.5.
c) No se acepta ningún "stud-bolt" (espárrago) que no tenga la longitud de acuerdo al ASME 816 .5, en el cual se indica longitud efectiva de la rosca excluyendo las puntas.
d) Siempre la longitud de tornillos y espárragos deberá permitir que la longitud expuesta de rosca luego de acoplamiento de tuerca sea de tres (3) pasos de rosca sin incluir el extremo biselado.

Identificación de Materiales

a) Todas las válvulas deben ser identificadas en estricto apego al MSS SP-25.
b) Todas las válvulas deben ser suministradas con una etiqueta de metal colocada en la tornillería del prense, estampando el número de código. No se permite etiqueta adherible.
c) Cuando algún componente de tubería requiera una etiqueta de metal (especificada en la descripción de compra) deberán ser suministradas con una etiqueta metálica estampada con el número de código.
d) Donde las válvulas requieran candados, el constructor debe proporcionar una etiqueta de acuerdo a su procedimiento de compra de material. Las válvulas que requieran mantenerse abiertas con candado deben ser estampadas "lock open" y las etiquetas pintadas de color verde. Las válvulas que requieran mantenerse cerradas con candado deben ser estampadas "lock closed" y sus etiquetas pintadas de color rojo.
e) Los tramos de tubería deben ser identificados en campo con el número de código "Item Code" aplicable (ICN) de acuerdo a lo siguiente:

Corrosión permisible

a) La corrosión permisible diferente de la mostrada en la clasificación de líneas debe ser indicada en los diagramas de tubería e instrumentación.

Válvulas

a) Esta especificación prohíbe utilizar válvulas de hierro gris o dúctil, la calidad mínima permitida es ASTM A216 Gr. WCB y/o ASTM A105.
b) Las válvulas de globo y de compuerta operadas con engranes que requieren un operador o una orientación especial deberán ser identificadas en los (DTI's).
c) Las válvulas de retención tipo disco splits (charnela o columpio) deben ser instaladas sobre líneas horizontales. Todas las demás válvulas de retención asistidas con resorte pueden ser instaladas sobre líneas horizontales o verticales con el flujo ascendente.
d) Las válvulas de retención para bombas, deben ser especificadas de acuerdo a las condiciones de operación.
e) Las válvulas con conexiones bridadas pueden ser instaladas en lugar de válvulas con extremos de caja para soldar o roscados, en diámetros de 1 1/2" y menores sólo para conectar directamente a recipientes o algún otro equipo suministrado con conexiones bridadas. Las clasificaciones y caras de las bridas de las válvulas deberán ser de igual clasificación que las del equipo.
f) Las válvulas 1 1/2" y menores deben ser de cuerpo soldado o de cuerpo sólido
g) (no se aceptan válvulas con cuerpo de tres piezas).

Tubería

a) La tubería deberá cumplir con los requerimientos de esta especificación, de API 5L, ASME 831.3 , ASME B36.10M y ASME B36.19M , por lo tanto cualquier material no referenciado en estás especificaciones deberá ser rechazado.

Accesorios

a) Los accesorios deberán cumplir los requerimientos de la ASME 816.9 y ASME 816.11 con los requerimientos de esta especificación.
b) El uso de accesorios mitrados y conexiones hechizas no está permitido.

Bridas

a) Las bridas deberán estar de acuerdo a los requerimientos indicados en esta especificación, y conforme lo establecido en el ASME 816.5 y ASME 816.47.
b) Las bridas porta-placa de orificio deben ser especificadas con calibre igual al diámetro interno de la tubería y conforme lo establecido en el ASME B16.36. No se permite reducir el espesor (contra biselar el espesor de pared).

c) Las bridas con cara plana (FF) no son aceptables, salvo para sistemas de tubería clase 125# y para transición con bridas plásticas o cuando ellos sean especificados.

Empaquetadura de las bridas

a) No se permite el uso de empaques no metálicos.
b) Los empaques metálicos indicados en las clases particulares de materiales de tuberías en esta especificación, deben cumplir los requerimientos del ASME 816.20.
c) El fabricante debe aplicar el código de colores para empaquetaduras para identificar el material del espiral y el relleno, cumpliendo los requerimientos del ASME 816.20.
d) Las empaquetadoras deberán tener anillos centradores exterior y anillo interior (tipo CGI Flexitallic®) con recubrimiento para la corrosión atmosférica.

Reducciones

a) Usar reducciones con extremos biselados para soldar, en cumplimiento con el ASME 816.9.
b) Usar "swages" para reducir tubería construida con extremos planos y/o biselado, conforme el MSS SP-95.
c) Relevado de esfuerzos y Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) y Radiografiado (NDE)
d) Los requerimientos del Tratamiento térmico post soldadura y el radiografiado, para las soldaduras en tubería deberán cumplir los requerimientos de ASME 831.3.

Recubrimiento Anticorrosivo

En seguimiento con lo indicado en la NOM de referencia, se tomarán en cuenta los factores ambientales, y las condiciones de operación relativa a los productos que se manejarán, de tal manera que se conserve en todo momento la calidad y se abstenga de contaminar el medio ambiente más aun teniendo presente que parte del proyecto se ubica en zona marítima

Soportería

La soportería para las tuberías de proceso se apegará a los siguientes estándares:

a) ASME 831.3 Process Piping Guide
b) ASTM ASTM A36 I A36M - 19 Standard Specification for Carbon Structural Steel

Sistemas de Control.

El Proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme" contará con sistemas independientes para control de proceso a base de un control distribuido, sistema de Gas y Fuego, sistema de Paro por Emergencia, sistema de Logística, sistema de Programa de Carga y Control de Acceso de Auto-tanques a la Terminal, sistema de Recuperación de Vapores, sistema de Aditivación, sistema de Mezclado, sistema de

Inventarios, sistema de Medición en el recibo del lado de la terminal y sistema de Medición en Llenaderas con transferencia de custodia.

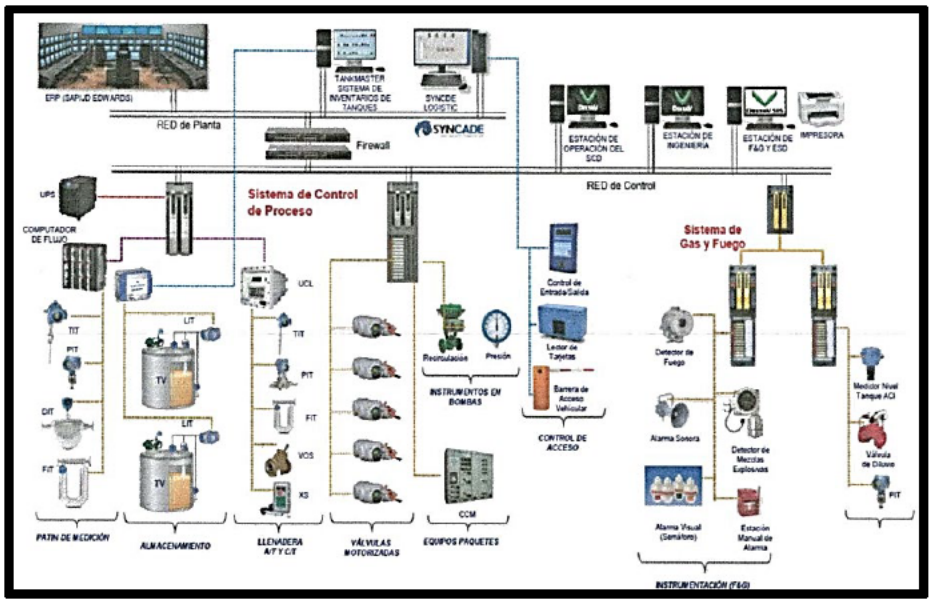
El Sistema de Control de Proceso o Control Distribuido (SCD) será implementado similar al modelo DeltaV, el cual realizará el control de la terminal, contando este sistema con Redundancia en fuentes de alimentación, Procesador y Comunicaciones.

El Sistema de Control de Proceso de Automatización ayudará a mejorar sus operaciones mediante el aprovechamiento de las tecnologías predictivas de hoy, que es una manera fácil, intuitiva e interoperable para conectar personas, procesos y producción.

El sistema preseleccionado se basa en la arquitectura llamada "Peer to Peer" en vez de las tradicionales arquitecturas "cliente / servidor", con la ventaja de ser una arquitectura más rápida, más flexible, y más confiable , entre otras ventajas. Otro aspecto importante de este sistema es que sus dispositivos de campo los integra en una red digital llamada "PlantWeb", caracterizándose por ayudar a detectar problemas de operaciones, procesos y equipos antes de que ocurran. Los controladores del sistema modelo DeltaV proveen también la comunicación y control entre los dispositivos de campo y otros nodos de control en la Red.

Esta terminal usará en a medida de que lo permitan los estándares vigentes protocolos digitales que permitan tener un mayor control diagnóstico como se ha dicho de hasta los cables instalados, y que tanto la instrumentación como los actuadores de válvulas, aporten al sistema más allá de una sola variable a medir o controlar, como sucede en los tradicionales conexiones analógicas , sino que permitan diagnosticar e informar de manera anticipada al sistema de control, el estado de "salud" que se tiene en dichos equipos. Esto con la finalidad de implementar más el concepto de mantenimiento predictivo en mayor porcentaje que el mantenimiento reactivo.

En la siguiente imagen se muestra la arquitectura del Sistema de Control de Proceso junto con los sistemas de gas y fuego, paro por emergencia, control de inventarios y sistema de logística por mencionar los más importantes.



A continuación se incluye el Plano de Arreglo General de la Terminal de Fluidos De Empalme.

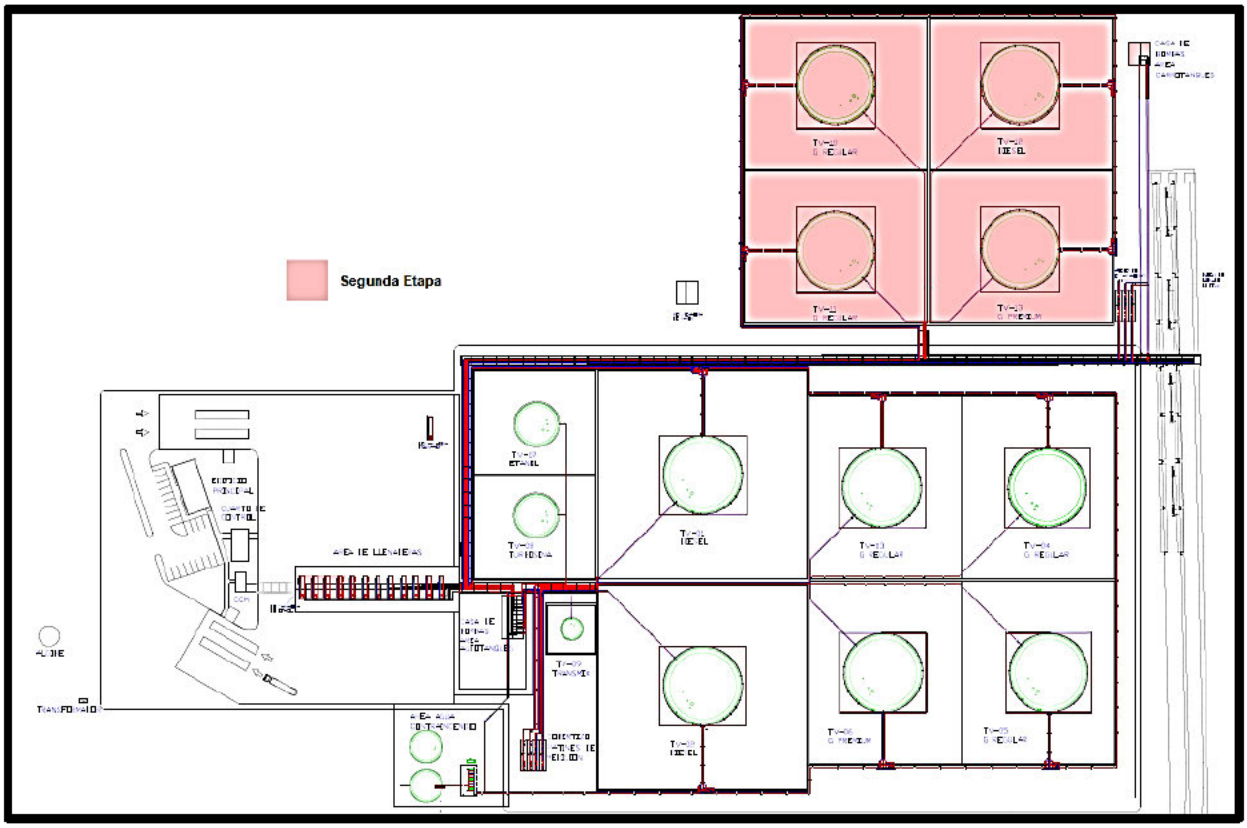


Figura I.2. Plano de Arreglo General de la Terminal de Fluidos De Empalme.

Para mayor detalle, **Ver Anexo 2, b. Plano de la Terminal de Fluido y Plano de Tanques.**

A continuación, se presentan las características de los equipos principales y auxiliares que se utilizarán en el proceso, donde se especifica la clave de identificación, dimensiones, condiciones de operación, sistemas de control y seguridad de procesos, entre otros (**Ver Tabla I.4**).

Tabla I.4. Características de equipos principales y auxiliares del Proyecto.

Descripción	TAG	Año de fabricación	Capacidad	Dimensión	Código de diseño	Materiales de construcción	Presión de Operación kg/cm²			Temperatura de Operación °C		
							Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Tanques de Almacenamiento												
Tanques de Diésel	TV-001/002/012	Nuevo	100,000 Bbls	40.8 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Tanques de Gasolina Magna	TV-003/004/005/010/011	Nuevo	100,000 Bbls	40.8 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Tanques de Gasolina Premium	TV-006/013	Nuevo	100,000 Bbls	40.8 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Tanque de Etanol	TV-007	Nuevo	25,000 Bbls	21.3 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Tanque de Turbosina	TV-008	Nuevo	25,000 Bbls	21.3 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Tanque de Transmix	TV-009	Nuevo	5,000 Bbls	9.65 *	API-650	Acero al Carbón	---	---	---	---	---	---
Bombas de descarga												
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Gasolina Magna / Premium	P-520 A/B/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Diésel	P-521 A/B/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Etanol	P-522 A/B/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Turbosina	P-523 A/B/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	1.7	5	---	25	---

Bombas de Descargaderas de Auto-tanque Etanol	P-530 A/R	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	5	5.2	---	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Auto-tanque Transmix	P-531 A	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	5	5.2	---	---	25	---
Bombas de carga (Llenaderas)												
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Gasolina Magna	P-501 A/B/C/R	Nuevo	1,000 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Gasolina Premium	P-502 A/B/R	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Diésel	P-503 A/B/R	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Etanol	P-504 A/B/R	Nuevo	150 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Turbosina	P-505 A/R	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Gasolina Magna	P-506 A/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Diésel	P-507 A/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Gasolina Premium	P-508 A/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Turbosina	P-509 A/R	Nuevo	2,000 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Etanol	P-510 A/B/C/D/R	Nuevo	200 GPM	---	API-610.	---	---	5	---	---	25	---
Llenaderas												
Llenaderas Auto-tanques (1 a 11)	Llenadera 001 a 011	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	---	3	---	---	25	---
Llenaderas Carro-tanques (Bahía 1 y 2)	Bahía 1 y 2	Nuevo	500 GPM	---	API-610.	---	---	3	---	---	25	---

* Diámetro interno en metros (m) de los Tanques de almacenamiento.

I.3. TRANSPORTE POR DUCTOS

Sistema de recepción.

Para el Proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme" en el diseño se contempla la instalación de un Amarradero tipo monoboya para descarga de petrolíferos, conformada por 2 líneas submarinas de 16" Ø, a fin de comercializar dichos productos (petrolíferos).

La Recepción de buques al amarradero tipo monoboya estará diseñado para que puedan operar buques del tipo Rango Medio como los de tipo I, II y Rango Largo tipo I.

En la descarga del buque a la línea submarina, será a través de 2 mangueras de 16" Ø, que se conectarán mediante un manifold bajo el agua a la línea submarina (PLEM).

La capacidad de descarga del barco puede ser de 2,200 hasta 5,100 m^3/hr. La temperatura de los productos para descarga será de 24 - 25ºC. **Ver Tabla I.5.**

El sistema de amarre de punto único (Monoboya) es una boya permanentemente amarrada al lecho marino por medio de múltiples líneas de amarre. El sistema de cojinetes ubicado en la boya permite que parte del SPM gire alrededor de la parte geostática amarrada. El buque está amarrado a través de líneas de proa al SPM y puede girar libremente alrededor de la parte geostática de la boya.

La transferencia de fluidos se realiza a través de la tubería submarina, el colector de tubería final (PLEM) y las mangueras submarinas a la parte geostática de la tubería de la boya. En la boya, el producto giratorio proporciona la transferencia entre la parte geostática y la parte de rotación libre de la tubería de la boya. Desde allí, las mangueras flotantes proporcionan la transferencia de fluido entre el colector del recipiente y la boya.

El sistema SPM ofrecido abarca los siguientes componentes principales:

- Boya
- Sistema de Anclaje
- Manguera flotante y disposición de manguera submarina
- Arreglo de guindaleza de amarre
- Colector de extremo de tubería (PLEM)
- Tubería submarina

Sistema Monoboya.

La Monoboya consta de los siguientes componentes:

a) Boya + falda
b) Disposición de hawser I stopper de torreta + araña + cadena
c) Rodamiento principal
d) Producto Giratorio
e) Tuberías y válvulas para productos de 2 x 16"
f) Deckhouse
g) Ayuda para la navegación
h) Pintura y protección catódica

i) Equipo de seguridad
j) Equipo variado

Sistema de Anclaje de Monoboya.

El sistema SPM está anclado al fondo del mar por el sistema de amarre. En general, consta de los dos componentes siguientes (se presuponen cantidades debido a la falta de datos detallados):

a) Líneas de amarre (asumidas con máximo de: 6 x 200 m de longitud de 76 mm sin pernos R3) sujeto a cálculo en etapa de ingeniería de detalle.
b) Puntos de anclaje (asumidos: 6 x 48", pila de 28 mT).

Para el Cálculo del sistema de anclaje se tomaron en cuenta dos estándares publicados por ROM y OCIMF (Estimating the Environmental Load son Anchoring Systems, 2010).

Sistema de Mangueras y Lampara China

Manguera Flotante (Floating String Hose)

Para la transferencia de gasolina o diésel entre PLEM, la monoboya y el buque-tanque, está previsto el siguiente sistema de mangueras de barra:

a) Sistemas flotantes de manguera de carcasa única (con accesorios), 2 x 12" reducido a 10" L = 220 m incluido acoplamiento de ruptura.

Acoplamiento Anti-Rotura MCB (Marine Breakaway Coupling)

Los acoplamientos anti rotura para la industria naval de Gall Thomson permiten la transferencia segura de líquidos y gases peligrosos y no peligrosos y reducen drásticamente el riesgo de derrames.

Desconexión segura.

Los acoplamientos MCB de Gall Thomson proporcionan un punto de separación seguro identificado en los sistemas navales de transferencia por manguera, cierran automáticamente el flujo del producto y evitan daños en el sistema en caso de que se produzca un aumento repentino de presión extrema o una carga de tracción excesiva sobre el sistema de mangueras. Un acoplamiento anti rotura para la industria naval de Gall Thomson reduce dichos riesgos y demuestra que el operador de la Terminal ha utilizado soluciones de ingeniería probadas para mejorar la seguridad y evitar la contaminación.

Ventajas:

- Evite grandes vertidos de petróleo en alta mar
- Ahorre el gasto de limpieza de los derrames
- Evite costosos daños en el sistema
- Minimice el tiempo de inactividad de los buques petroleros y terminales
- Proteja el medio ambiente

- Mejore la seguridad del personal
- Evite la atención negativa de los medios
- Benefíciese de primas de seguro más bajas
- Maximice la integridad de terminales
- Proyecte una imagen de empresa responsable

Por lo anterior, en la Terminal de Fluidos de Empalme, se incluirá en el diseño, una manguera flotante de 220 m de longitud con 12" de diámetro la cual se formara mediante diversos segmentos de manguera de 40 pies (12.192 m)

En el caso de un accidente la manguera se tensará y automáticamente se cierran el acoplamiento anti-rotura aislando a la sección que presenta el evento y minimizando enormemente la magnitud del derrame

En el caso de la manguera de la lámpara china, también funciona con el mismo sistema de MBCs (acoplamientos anti rotura, por lo que al igual aún en caso de derrame serian sustancialmente menores).

Sistema de Guindaleza o Hawser

El sistema de guindaleza (ó Hawser por su nombre en inglés) forma la conexión de amarre entre el buque Tanque y el sistema de Monoboya (SPM). Consiste en la cuerda de guindaleza, grilletes, cuerdas de recogida y boyas marcadoras.

PLEM (Pipeline End Manifold).

El PLEM o Sistema de Múltiple de Válvulas es la estructura base para la conexión entre la manguera submarina flexible y las 2 tuberías submarinas de 16" Ø.

El PLEM se compone de los siguientes componentes:

a) Estructura de soporte
b) Tubería y válvulas del producto en bucle (para permitir el arrastre desde / a la orilla)
c) Pintura y protección catódica.

Recibo de producto en tierra (Ducto Terrestre).

Para el área de recibo del lado de la Terminal (Lado Tierra) los fluidos vendrán del buque a través de la monoboya y las tuberías marinas subterráneas. La energía para descargar el producto del barco lo proporcionan las bombas del barco y legarán enviar el producto hasta los tanques de la terminal del lado tierra.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

[redacted]

Tabla I.5. Características del Ducto de 16" Ø. para transporte de petrolíferos.

Espesor de Pared	0.2"
Presión de Operación	5.2 kg/cm^2
Temperatura de Operación	25°C (298.15 °K)
Flujo volumétrico de descarga	2,200 hasta 5,100 m^3/hr.
Material y especificación de diseño	Acero al carbón, API-5L
Longitud de ducto submarino	7.1 km
Longitud de ducto terrestre	0.5 km

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

[redacted]

ÍNDICE.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO. 2

II.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO. 2

II.1.1. SISTEMA DE RECEPCIÓN. 2

II.1.2. SISTEMA DE ENTREGA. 7

II.1.3. Equipo de Bombeo. 9

II.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO. 11

II.3. PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIA INVOLUCRADA. 12

II.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN. 12

TABLAS.

Tabla II.1. Puntos de llenado de 1892.7 Litros/Min (500 GPM) en la Terminal. 6

Tabla II.2. Puntos de llenado de 1892.7 Litros/Min (500 GPM) en la Terminal. 8

Tabla II.3. Puntos de llenado de Carrostanque 1892.7 Litros/Min (500 GPM9) en la Terminal. 8

Tabla II.4. Condiciones de Operación y características de entrada y salida en Bombas de Descarga y Carga (Llenaderas). 13

Tabla II.5. Condiciones de Operación y características de entrada y salida en Tanques de almacenamiento. 14

Tabla II.6. Resumen de la sustancia involucrada. 15

FIGURAS.

Figura II.1. Diagrama de tubería e instrumentación (DTI) Patines de Medición. 5

Figura II.2. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Descargadera Carrostanque Magna/Premíum. 6

Figura II.3. Diagrama de Tubería e Instrumentación Descargadera de Auto Tanque Etanol. 7

Figura II.4. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Llenaderas de Auto-tanque 1 y 2. 9

Figura II.5. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Bombas de Carga Diésel. 11

Figura II 6. Diagrama de flujo del Proyecto Terminal de Fluidos el Empalme. 12

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El presente proyecto consiste en el diseño ejecutivo para la construcción, instalación y operación de la "Terminal de Fluidos De Empalme", propiedad de OMANOR, S.A. DE C.V., la cual está conformada por infraestructura para la recepción de petrolíferos por buque-tanque y carro-tanque, almacenamiento y entrega por ferrocarril y auto-tanques.

El combustible recibido será almacenado en Tanques; 5 para Gasolina Magna con capacidades de operación de 100,000 barriles (bbl) c/u, 3 Tanques para Diésel con capacidad de 100,000 bbl, 2 tanques de Gasolina Premium de igual capacidad (100,000 bbl) , 2 Tanques de Etanol y/o turbosina de 25,000 bbl y 1 de Transmix con capacidad de 5,000 bbl; así mismo, con la siguiente capacidad máxima de almacenamiento: para Gasolina Magna, Premium y Diésel de 114,000 bbl c/u, para Etanol y/o turbosina de 30 bbl y para Transmix de 6,000 bbl. Posteriormente el producto se envía a las Estaciones de Carga para Auto-tanques y ferrocarril, para su distribución y venta.

El Proyecto se ubicará en la costa Oeste de México, cerca de la localidad de Empalme y el Puerto de Guaymas, en el municipio de Empalme del estado de Sonora. Es importante mencionar que el Análisis de Riesgo está enfocado a la Etapa de Diseño.

II.1. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

II.1.1. SISTEMA DE RECEPCIÓN.

II.1.1.1. Recepción por Buque - Tanque.

El proyecto contempla la instalación de un amarradero tipo monoboya para descarga, conformada por 2 líneas submarinas de 16" 0, para comercializar productos, en conjunto con esto, la Recepción de buques al amarradero estará diseñado para que puedan operar buques del tipo Rango Medio como los de tipo 1, 1 1 y Rango Largo tipo l.

Para la descarga del barco a línea submarina, será a través de 2 mangueras de 16" 0, que se conectarán mediante un manifold bajo el agua a la línea submarina (PLEM). La capacidad de descarga del barco puede ser de 2,200 hasta 5, 100 m3/hr., y la temperatura de los productos para descarga será de 24-25ºC.

El sistema de amarre de punto único, es una boya permanentemente amarrada al lecho marino por medio de múltiples líneas de amarre. El sistema de cojinetes ubicado en la boya permite que parte del SPM gire alrededor de la parte geostática amarrada. El buque está amarrado a través de líneas de proa al SPM para poder girar libremente alrededor de la parte geostática de la boya.

La transferencia de fluidos se realiza a través de la tubería submarina, el colector de tubería final (PLEM), las mangueras submarinas a la parte geostática de la tubería de la boya. En la boya, el producto giratorio proporciona la transferencia entre la parte geostática y la parte de rotación libre de la tubería de la boya. Desde allí, las mangueras flotantes proporcionan la transferencia de fluido entre el colector del recipiente y la boya.

El sistema SPM ofrecido abarca los siguientes componentes principales:

a) Boya.
b) Sistema de Anclaje.
c) Manguera flotante y disposición de manguera submarina.
d) Arreglo de guindaleza de amarre.
e) Colector de extremo de tubería (PLEM).
f) Tuberí a submarina.

La Monoboya consta de los siguientes componentes:

a) Boya + falda.
b) Disposición de hawser I stopper de torreta + araña + cadena.
c) Rodamiento principal.
d) Producto Giratorio.
e) Tuberías y válvulas para productos de 2 x 16".
f) Deckhouse.
g) Ayuda para la navegación.
h) Pintura y protección catódica.
i) Equipo de seguridad.
j) Equipo variado.

II.1.1.2. Recibo en Tierra (Lado Tierra).

Para el área de recibo en tierra, los fluidos vendrán del barco a través de la monoboya y las tuberías marinas subterráneas. La energía para descargar el producto del barco lo proporcionan las bombas del barco y enviarán el producto hasta los tanques de la terminal del lado tierra.

Con la finalidad de poder verificar la medición del recibo de los productos en la terminal se implementará un sistema de medición de flujo, no obstante que en los contratos de suministro se pudieran pactar los lotes y las mermas, derivado que dicho lote se certifica en el llenado del barco. En este supuesto caso de existir, esta medición será referencial para fines de balance de la terminal en lado tierra.

En esta área de recibo de la terminal se implementará la medición para fines de medición fiscal o comercial (con transferencia de custodia), independientemente de los acuerdos comerciales con los proveedores. Por lo anterior, se implementará un sistema de medición para la medición de gasolinas, para la medición de Diésel y otro tren de medición para etanol.

Los sistemas de medición de caudal estarán incluidos la compensación por presión y temperatura y referenciado a 15ºC.

Los Patines de Medición serán los que medirán los productos petrolíferos provenientes del Buque Tanque, los cuales serán:

Patín de	Flujo Máximo	Producto
PM – 01	175, 000 BPD Arreglo (1+1)	Regular

PM – 02	175, 000 BPD Arreglo (1+1)	Diésel
PM – 03	100, 000 BPD Arreglo (1+1)	Premium
PM – 04	60, 000 BPD Arreglo (1+1)	Etanol (futuro)

Todos los patines de medición contarán con la instrumentación propia para la medición de los petrolíferos de acuerdo al API MPMS 5.6 "Manual of Petroleum Measurement Standards Chapter 5 - Metering Section 6-Measurement of Liquid Hydrocarbons by Coriolis Meter".

Conformado por los siguientes elementos:

a) Medidor de Flujo tipo Coriolis.
b) Transmisor de Densidad.
c) Válvula de control de flujo.
d) Válvula de On/Off.
e) Transmisor Indicador de Presión Manométrica.
f) Transmisor de temperatura.
g) Indicador de Presión Manométrica.
h) Válvulas manuales.
i) Computador de flujo (FQI).

En el Plano DTI-TAD-EMP-001-A Diagrama de tubería e instrumentación patines de medición de fecha 02/09/2019, Rev. G, se muestra un Diagrama de tubería e instrumentación de los patines en la zona de recibo lado tierra.

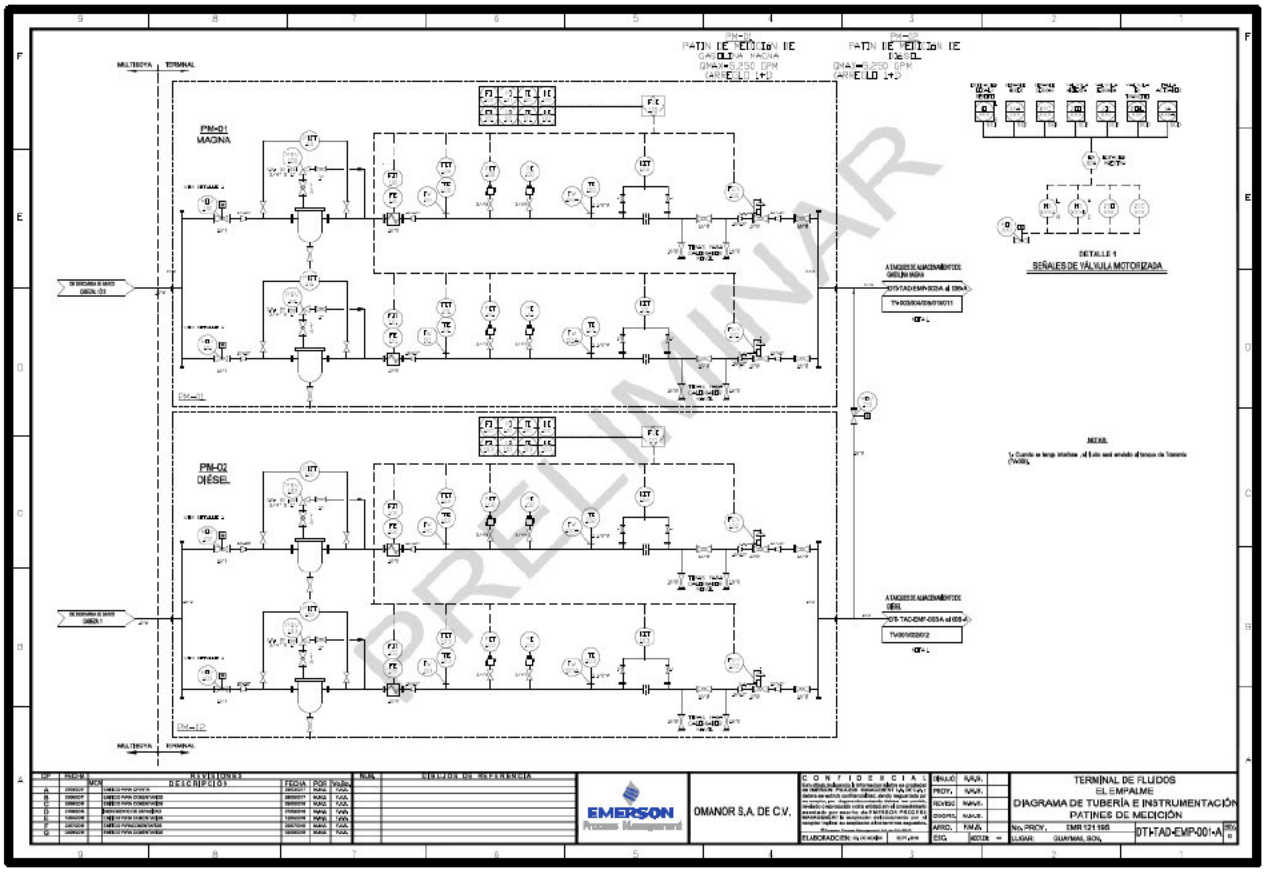


Figura II.1. Diagrama de tubería e instrumentación (DTI) Patines de Medición.

II.1.1.3. Recepción por carro-tanque.

La estación de llenado de petrolíferos para ferrocarril, contará con la dualidad de dercargaderas para la recepción de producto vía ferrocarril. Esto le dará a la terminal mucha versatilidad comercial para operar diversas cargas.

En los sistemas de descarga a base de carrotanques, la terminal contará con 8 posiciones de descarga, cada una con 4 brazos sencillos de carga por la parte inferior, de una capacidad de 500 GPM cada una. Se tendrán 4 skids para medición de la descarga, uno por tipo de fluido para la medición y control del lote de llenado y de los sistemas de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia.

Además del sistema de bombeo, un Sistema de Recuperación de Vapores y un Sistema de Seguridad conformada por el subsistema de Detección de Gas y Fuego, Subsistema de Protección Contra Incendios, subsistema de prevención y contención de derrames, así como el Sistema de Paro por Emergencia, sistema de Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

Puntos de descarga de carrostanque 1892.7 litros/mín (500 gpm) en la terminal

Tabla II.1. Puntos de llenado de 1892.7 Litros/Min (500 GPM) en la Terminal.

Producto	Primera Etapa	Segunda Etapa	
Magna / Premium	8	0	8
Diésel	8	0	8
Turbosina	8	0	8
Etanol	8	0	8

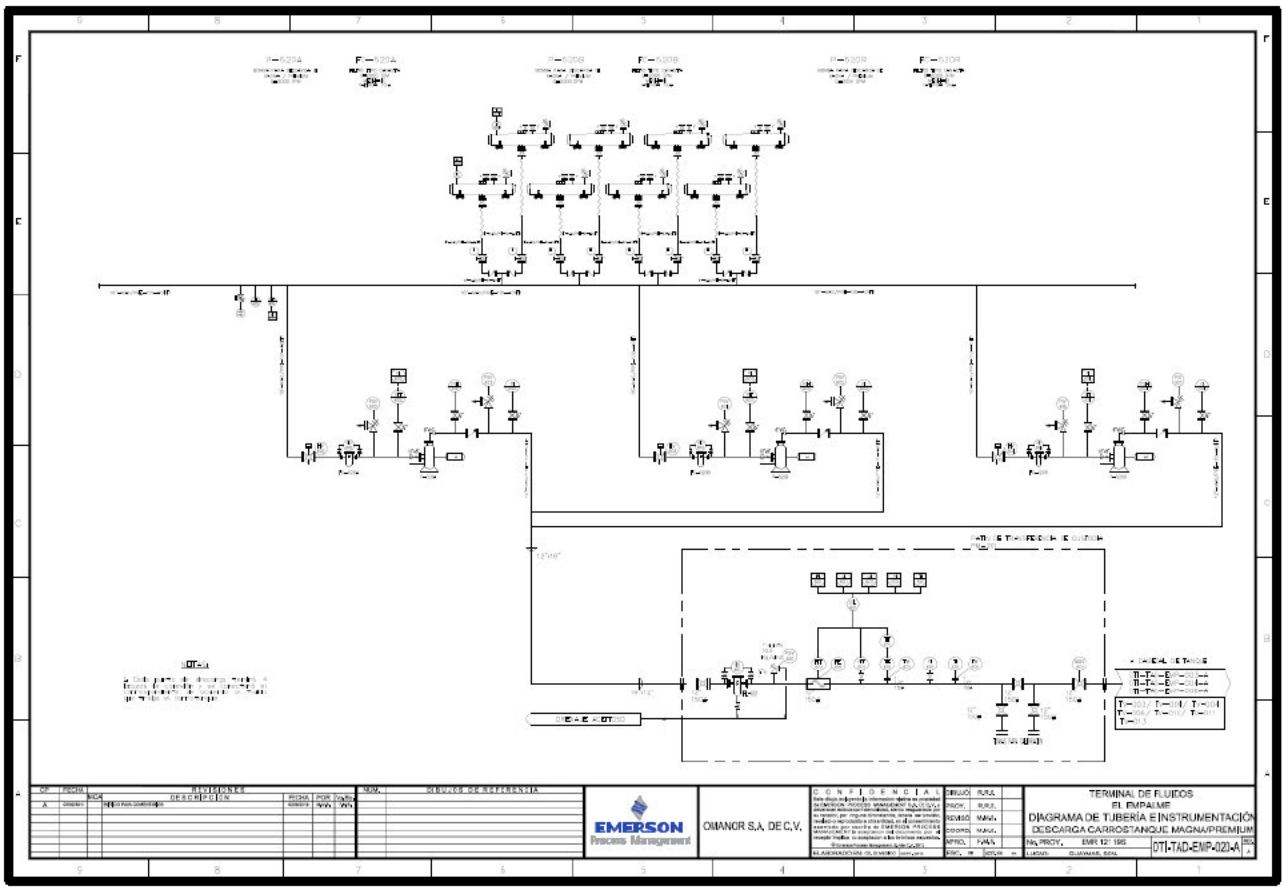


Figura II.2. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Descargadera Carrostanque Magna/Premium.

II.1.1.4. Recepción por auto-tanque.

Así mismo en el área de llenaderas se dispondrá de una descargadera para Autotanque para producto Etanol de una capacidad de 500 GPM, el cual se utilizará como oxigenante.

Así mismo se contará con una descargadera para recibir producto fuera de especificación, cuando así lo dispongan los clientes.

En el Plano DTI-TAD-EMP-037-A Diagrama de tubería e instrumentación descargadera de auto tanque etanol, de fecha 02/09/2019, se muestra el proceso de recepción por auto tanque de etanol en la zona lado tierra.

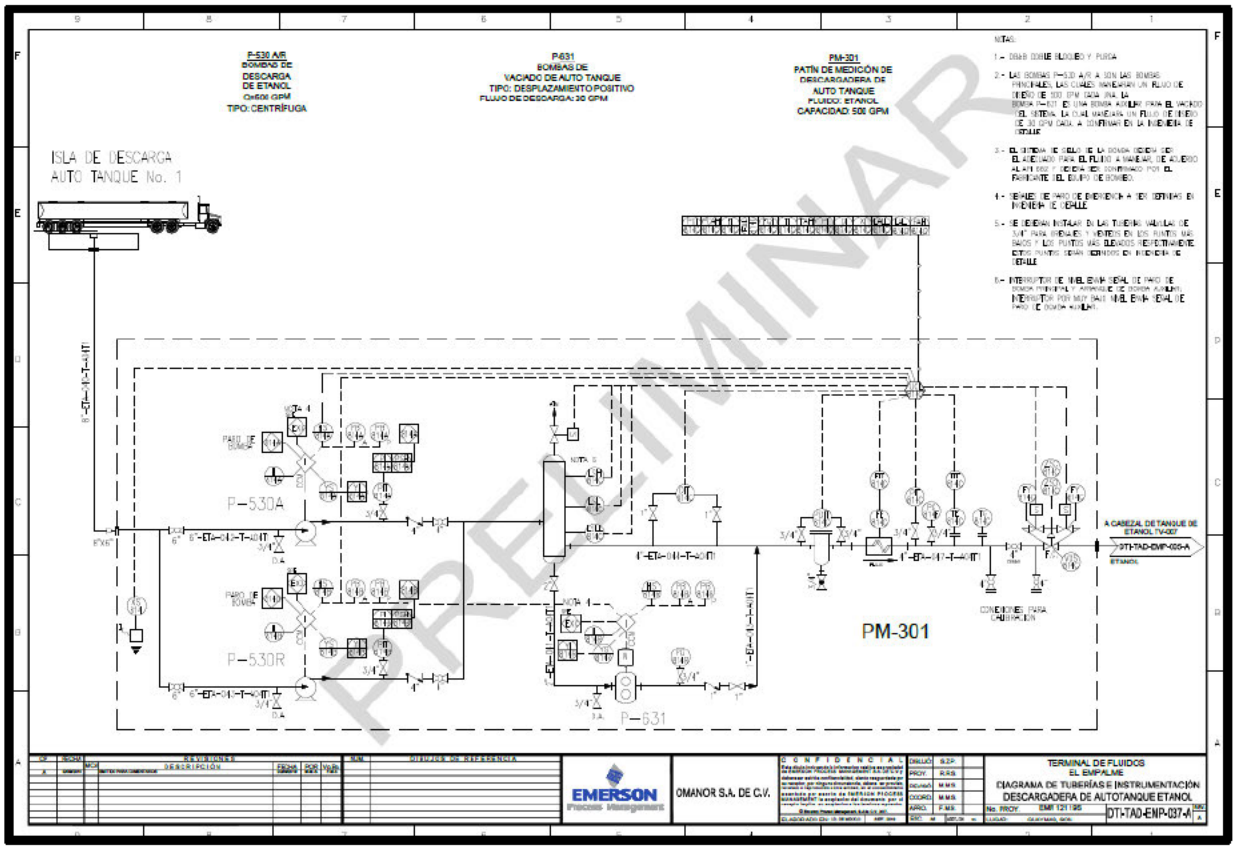


Figura II.3. Diagrama de Tubería e Instrumentación Descargadera de Auto Tanque Etanol.

II.1.2. Sistema de Entrega.

La entrega de los productos del proyecto, se realizará por medio Autotanques y en un futuro vía Carros - tanques.

II.1.2.1. Auto tanques.

En la Primera Etapa el sistema de entrega será a base de llenaderas de auto tanques, se contará con 7 posiciones de llenado de una capacidad de 500 GPM, conformada mediante brazos sencillos de carga por la parte inferior de los mismos, incluyendo el sistema de medición y control del lote de llenado y los sistemas

de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia.

Una segunda etapa incluirá la adición de 4 llenaderas de la misma capacidad.

Tabla II.2. Puntos de llenado de 1892.7 Litros/Min (500 GPM) en la Terminal.

Producto	Primera Etapa	Segunda Etapa	Total
Magna	3	2	5
Diésel	2		3
Premium			2
Etanol		0	
Turbosina		0	

II.1.2.2. Carro tanques.

En los sistemas de entrega a base de llenaderas de carrotanques, la terminal contará con 8 posiciones de llenado y cada una con 4 brazos sencillos de carga por la parte superior, de una capacidad de 500 GPM cada una. Cada brazo de carga incluirá un sistema de medición y control del lote de llenado y los sistemas de compensación de caudal acorde a las recomendaciones de API, para contar con un sistema de medición de volumen con capacidad para transferencia de custodia.

Tabla II.3. Puntos de llenado de Carro-tanque 1892.7 Litros/Min (500 GPM9) en la Terminal.

Producto	Primera Etapa	Segunda Etapa	Total
Magna	8	0	8
Diésel	8	0	8
Premium	8	0	8
Etanol	8	0	8
Turbosina	8	0	8

Todas las posiciones de llenado contarán con la instrumentación propia para la medición y control del producto a despachar, de acuerdo al API 6.2 "Loading Rack Metering Systems".

Conformado por los siguientes elementos:

a) Medidor de flujo tipo Coriolis
b) Válvula de control digital
c) Transmisor indicador de presión manométrica
d) Transmisor de temperatura
e) El Indicador de presión
f) Válvula on-off
g) Interruptor por alto nivel
h) Unidad de control local (UCL)

i) Sistema de detección a tierra
j) Válvula de sobrepresión por expansión térmica
k) Válvulas manuales tipo bola

También se incluye un sistema de Bombeo de trasiego de tanque a llenaderas, un Sistema de Recuperación de Vapores y un Sistema de Seguridad conformada por el subsistema de Detección de Gas y Fuego, subsistema de Protección Contra Incendios. Subsistema de prevención y contención de derrames, así como el Sistema de Paro por Emergencia.

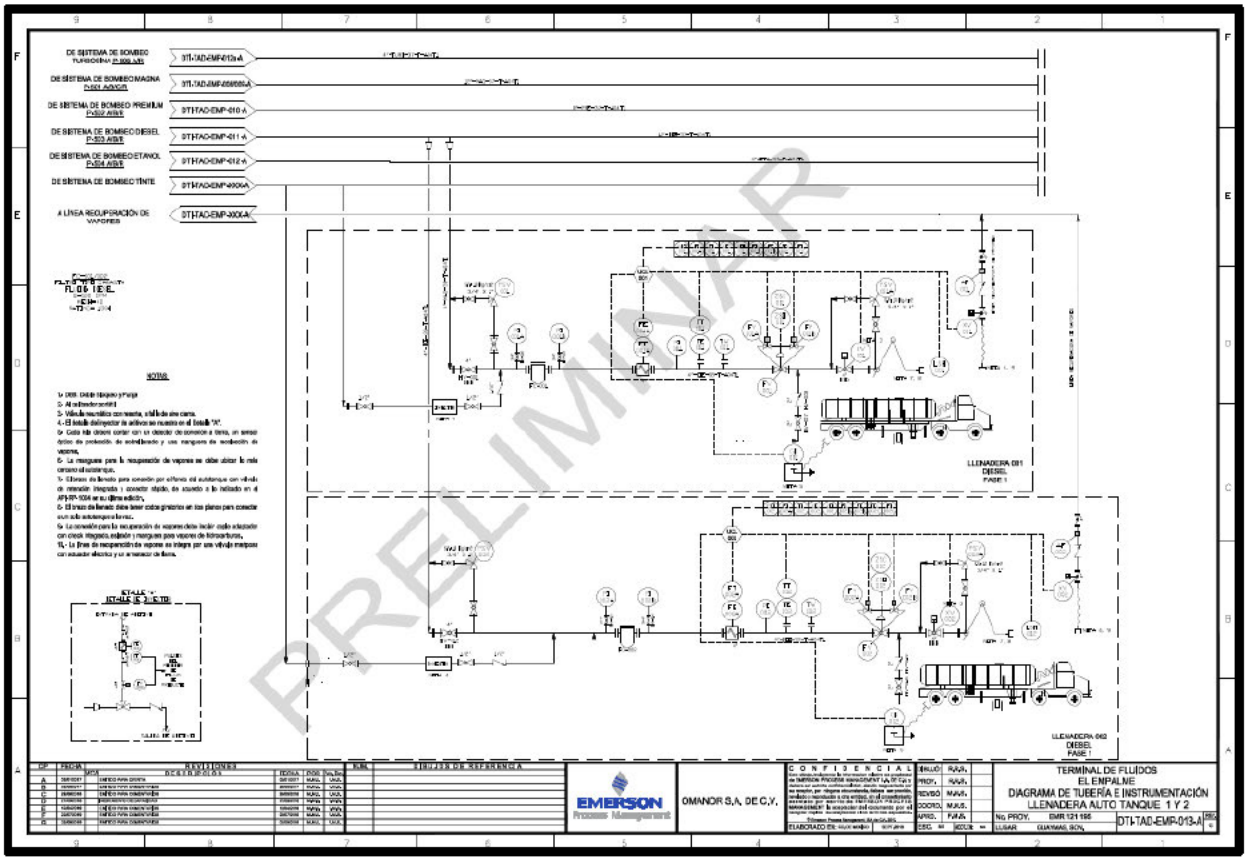


Figura II.4. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Llenaderas de Auto-tanque 1 y 2.

II.1.3. Equipo de Bombeo.

El Sistema de Bombeo del proyecto, será a base de bombas centrifugas para el trasiego de tanques a llenaderas y entre tanques. Las bombas principales serán las de trasiego a llenaderas, de tal forma que un conjunto de bombas pueda trasegar por producto (Diésel, Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol), desde los tanques a las llenaderas. Una bomba o varias deberán ser calculadas para la demanda de cada producto y el número de llenaderas.

Como medida de seguridad todas las bombas que se implementen en la terminal deberán contar con un sistema de recirculación que evita la cavitación de las mismas o problema en el rechazo de carga de las llenaderas. Es decir, las bombas tendrán la capacidad por sí solas de recircular el fluido, cuando la demanda de trasiego del tanque a llenaderas sea cero.

Cada bomba será diseñada para manejo de 1,000, 750 Y 400 GPM para cada producto. La cantidad de bomba se definirá con precisión durante la Ingeniería de detalle. La alimentación eléctrica de los motores eléctricos de las bombas será a 480 VCA, 3F, 3H, 60 Hz.

La operación de las bombas se realizará de modo automático, controlada desde el sistema de control de la terminal. El arranque y paro será automático/manual de acuerdo al producto y a la llenadera seleccionada por sistema o el personal de operación, el paro será automático cuando el Preset alcance el volumen de carga asignada por el Sistema, los autotanques además contarán con un switch de nivel de sobrellenado y esta enviará la señal de paro al sistema por un alto nivel. Todas las bombas deberán cumplir con lo indicado en el API-610.

El control y arranque/paro de bombas contarán con un variador de frecuencia en los arrancadores donde aplique, selector automático I manual I fuera y las variables eléctricas y el control serán integrados desde el Centro de Control de Motores mediante protocolo digital "Device Net".

El monitoreo de la operación de las bombas será una preocupación importante en esta terminal aprovechando las tecnologías a implementar en esta terminal. Todas las bombas tendrán el monitoreo de las presiones de descarga con la finalidad de monitorear la operación de estas. Esta medición servirá para poder sincronizar la válvula de recirculación de la bomba, exponiendo menos a estos equipos.

De igual forma se hará el monitoreo de los sellos de las bombas de forma continua, así como la vibración por el desgaste de los rodamientos, y todo estará centralizado al sistema de control, que permitirá dar la visibilidad de la salud de estos equipos importantes

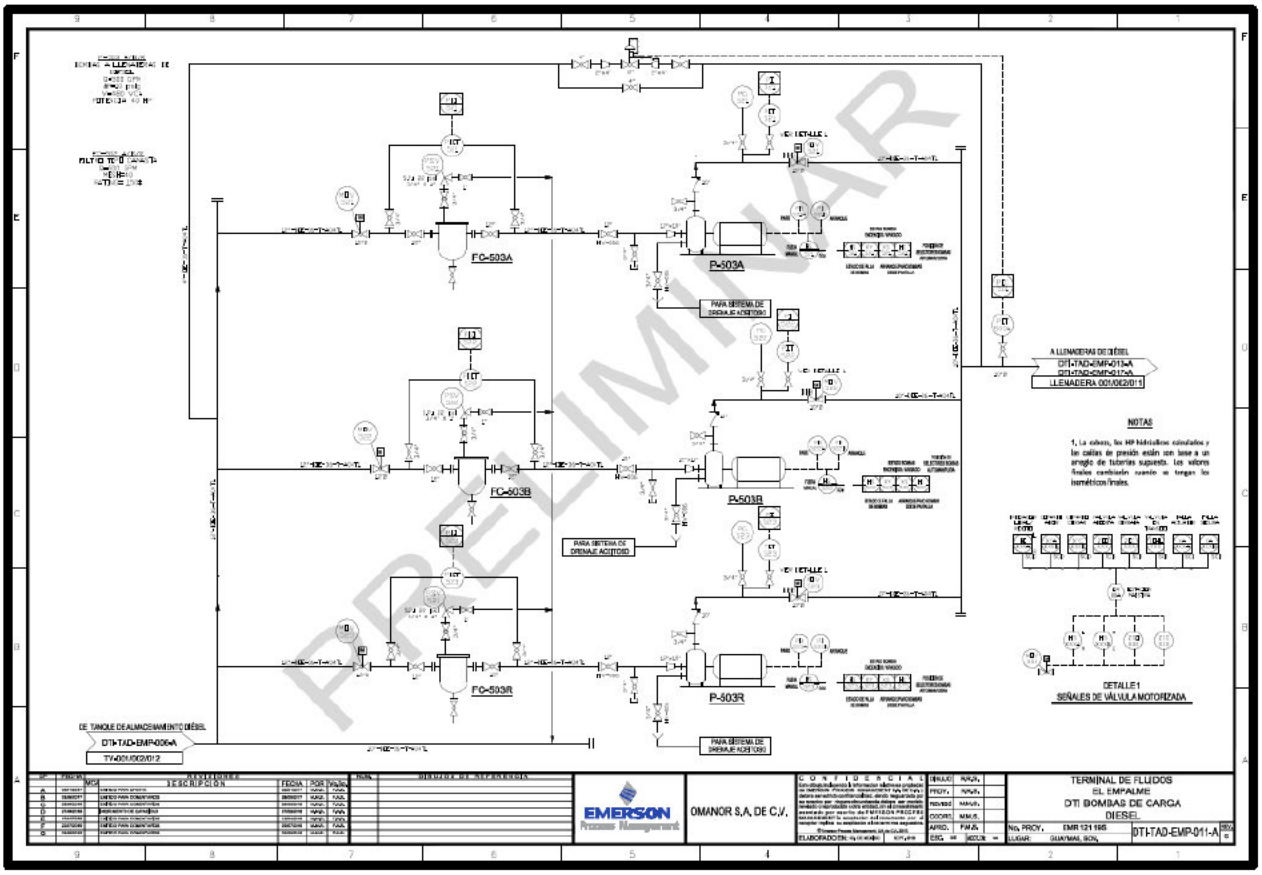


Figura II.5. Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) Bombas de Carga Diésel.

II.1.3.1. Sistemas Auxiliares (drenaje en casa de Bombas).

Todo equipo de bombeo ya sea que se encuentre unitario o agrupado estará desplantado sobre un piso impermeable de concreto, el cual estará delimitado por un sardinel o dique de contención y cuya superficie tenga una pendiente que direccione cualquier escurrimiento de Petrolíferos a un drenaje aceitoso con capacidad suficiente para contener y drenar el posible Petrolífero derramado, así como el volumen de agua aplicado en una situación de emergencia por fuego.

Ver anexo 2 a. Memoria Técnico Descriptiva

II.2. Diagrama de Flujo del Proceso.

En la **Figura II.6** se muestra el Diagrama de Flujo de Proceso de recepción, medición, bombeo, almacenamiento y entrega (Despacho) de las sustancias involucradas en el proyecto

Ver Anexo 2 c. Diagrama de Flujo de Proceso.

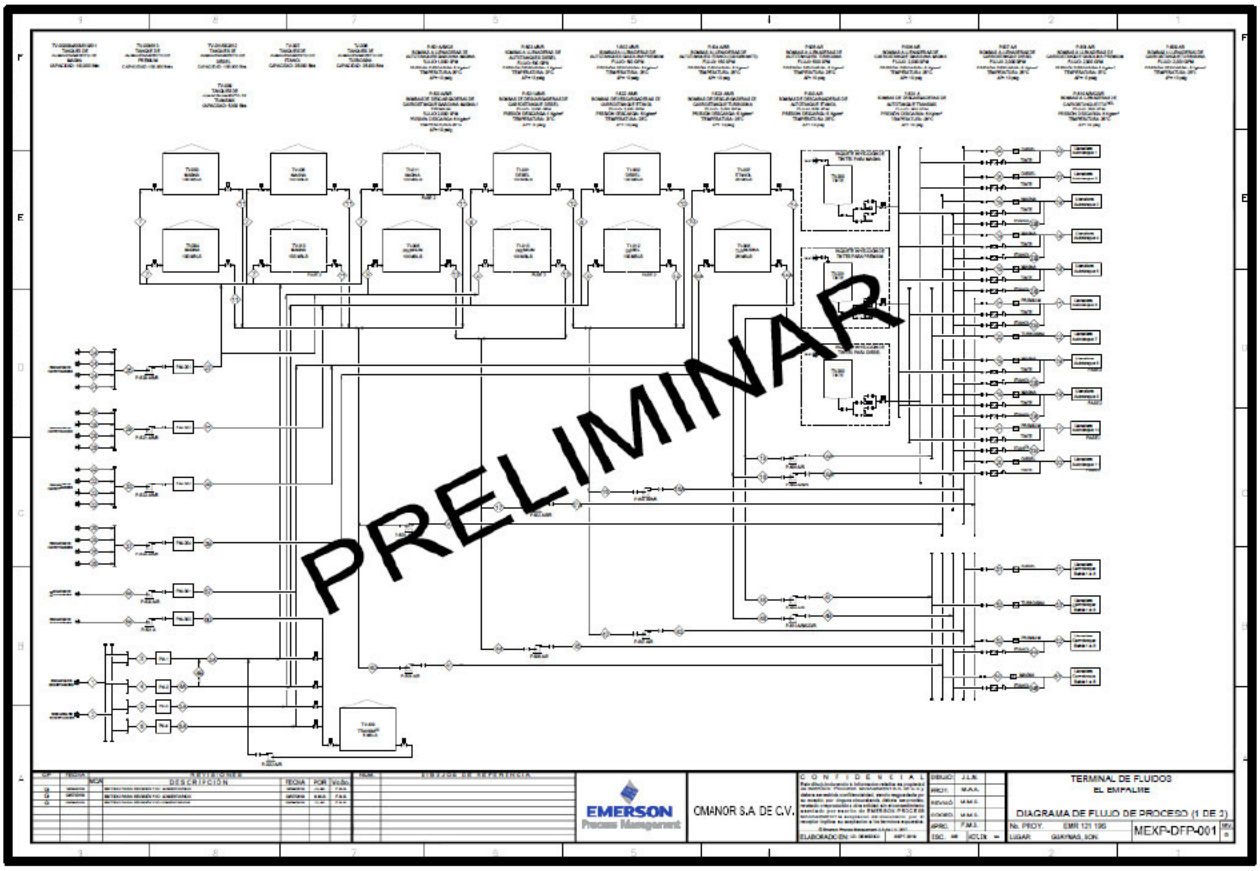


Figura II 6. Diagrama de flujo del Proyecto Terminal de Fluidos el Empalme.

II.3. Propiedades de las Sustancia involucrada.

Las sustancias principales que serán manejadas en la operación del proyecto y mismas que se encuentran en el segundo listado de actividades altamente riesgosas son la Gasolina Magna y Gasolina Premium además del Diésel, Etanol y Turbosina, mismos que no se encuentran en los listados de actividades altamente riesgosas.

Para mayor detalle **Ver Anexo 3. Hoja de Datos de Seguridad.**

II.4. Condiciones de Operación.

A continuación se presentan las condiciones de operación de la Terminal, contemplando los puntos de: recepción, medición, bombeo, almacenamiento y entrega (despacho) de las sustancias involucradas en el en el proceso del Proyecto

Tabla II.4. Condiciones de Operación y características de entrada y salida en Bombas de Descarga y Carga (Llenaderas).

Descripción	TAG	Capacidad	Presión de Operación kg/cm^2			Temperatura de Operación °C		
			Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Bombas de descarga								
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Gasolina Magna / Premium	P-520 A/B/R	2,000 GPM	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Diésel	P-521 A/B/R	2,000 GPM	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Etanol	P-522 A/B/R	2,000 GPM	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Carro-tanque Turbosina	P-523 A/B/R	2,000 GPM	---	1.7	5	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Auto-tanque Etanol	P-530 A/R	500 GPM	5	5.2	---	---	25	---
Bombas de Descargaderas de Auto-tanque Transmix	P-531 A	500 GPM	5	5.2	---	---	25	---
Bombas de carga (Llenaderas)								
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Gasolina Magna	P-501 A/B/C/R	1,000 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Gasolina Premium	P-502 A/B/R	500 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Diésel	P-503 A/B/R	500 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Etanol	P-504 A/B/R	150 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Auto-tanque Turbosina	P-505 A/R	500 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Gasolina Magna	P-506 A/R	2,000 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Diésel	P-507 A/R	2,000 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Gasolina Premium	P-508 A/R	2,000 GPM	---	5	---	---	25	---
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Turbosina	P-509 A/R	2,000 GPM	---	5	---	---	25	---

Descripción	TAG	Capacidad	Presión de Operación kg/cm²			Temperatura de Operación °C		
			Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Bombas a llenaderas de Carro-tanque Etanol	P-510 A/B/C/D/R	200 GPM	---	5	---	---	25	---
Llenaderas								
Llenaderas Auto-tanques (1 a 11)	Llenadera 001 a 011	500 GPM	---	3	---	---	25	---
Llenaderas Carro-tanques (Bahía 1 y 2)	Bahía 1 y 2	500 GPM	---	3	---	---	25	---

Tabla II.5. Condiciones de Operación y características de entrada y salida en Tanques de almacenamiento.

Descripción	TAG	Capacidad	Presión de Operación kg/cm²						Temperatura de Operación °C					
			Entrada			Salida			Entrada			Salida		
			Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Tanques de Almacenamiento														
Tanques de Diésel	TV-001/002/012	100,000 Bbls	-	5.2	-	-	1	-	-	25	-	-	25	-
Tanques de Gasolina Magna	TV-003/004/005/010/011	100,000 Bbls	-	5.2	-	-	1.7	-	-	25	-	-	25	-
Tanques de Gasolina Premium	TV-006/013	100,000 Bbls	-	4.2	-	-	1.8	-	-	25	-	-	25	-
Tanque de Etanol	TV-007	25,000 Bbls	-	5.2	-	-	1	-	-	25	-	-	25	-
Tanque de Turbosina	TV-008	25,000 Bbls	-	5.2	-	-	1	-	-	25	-	-	25	-

De lo antes descrito, se resume en la **Tabla II.6** las sustancias involucradas en el proceso, así como sus características y capacidades de manejo en la Terminal:

Tabla II.6. Resumen de la sustancia involucrada.

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo máximo	Capacidad Total		Tipo de almacenamiento	Cantidad de Reporte LAAR
		C	R	E	T	I		Máxima de Proceso (Ton/Día)	Máxima de almacenamiento (Ton)		
Diésel	68476-34-6					X	No Aplica	40,068	45,677.52	Tanque	-
Gasolina Magna	8006-61-9					X	No Aplica	54.060	61,628	Tanque	10,000 barriles
Gasolina Premium	8006-61-9					X	No Aplica	21,624	24,651.36	Tanque	10,000 barriles
Etanol	64-17-5					X	No Aplica	3,140.25	3.78	Tanque	-
Turbosina	8008-20-6					X	No Aplica	3,140.25	3.78	Tanque	-

ÍNDICE.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 4

III.1.ASPECTOS ÁBIOTICOS. 6

III.1.1 CLIMA. 6

III.1.2. GEOLOGÍA. 9

III.1.3. GEOMORFOLOGÍA. 12

III.1.4. EDAFOLOGÍA. 13

III.2. ASPECTOS BÍOTICOS. 16

III.2.1. FLORA 16

III.2.2. FAUNA. 18

III.3. SUSCEPTIBILIDAD DEL SITIO DEL PROYECTO. 20

III.3.1. TERREMOTOS (SISMICIDAD). 20

III.3.2. LICUACIÓN DE ARENAS. 24

III.3.3. TSUNAMIS O MAREMOTOS. 25

III.3.4. VULCANISMO. 29

III.3.5. CORRIMIENTOS DE TIERRA. 34

III.3.6. DERRUMBES Y/O HUNDIMIENTOS 36

III.3.7. INUNDACIONES 38

III.3.8. PERDIDAS DE SUELO DEBIDO A LA EROSIÓN. 43

III.3.9. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEBIDO A ESCURRIMIENTOS Y EROSIÓN. 46

III.3.10. HURACANES 46

III.3.11. OTROS EFECTOS METEOROLÓGICOS. 50

III.3.12. RIESGOS RADIOLÓGICOS. 60

III.4. ZONAS VULNERABLES DE POBLACIÓN. 60

III.5. COMPONENTES AMBIENTALES. 60

III.6. INFRAESTRUCTURA VIAL É INDUSTRIAL. 61

III.7. USO DE SUELO 61

TABLAS.

Tabla III 1. Normales Climatológicas de la Estación 0002617 Francisco (FFCC) 7

Tabla III.2. Registros Climatológicos Históricos 2005 - 2017 9

Tabla III 3. Listado de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con distribución en el SAR 18

Tabla III 4. Especies de vertebrados registradas durante los trabajos de campo catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. 19

Tabla III 5. Escala de Mercalli modificada. 20

Tabla III 6. Tsunamis de origen lejano, posteriores a 1950 en México. 26

Tabla III 7. Población, Viviendas e infraestructura y áreas productivas estratégicas por nivel de Peligro por Tsunamis. 28

Tabla III 8. Evaluación de los peligros volcánicos Las Tres Vírgenes. 32

Tabla III.9. Registros históricos de fenómenos meteorológicos 2001 - 2018. 46

Tabla III.10. Población, hogares y zonas productivas estratégicas por nivel de Riesgo por Sequias. 52

Tabla III 11. Estaciones climatológicas analizadas y temperatura máxima observada. 54

Tabla III 12. Población, Hogares y zonas productivas por nivel de Peligro por Temperaturas Extremas. . 55

FIGURAS.

Figura III 1. Ubicación del Proyecto Terminal de Fluidos De Empalme. 5

Figura III 2. Clima presente en el Sitio del Proyecto. 7

Figura III 3. Litología Presente en el Sitio del Proyecto. 11

Figura III 4. Topo formas y Relieve Presente en el Sitio del Proyecto. 13

Figura III 5. Edafología Presente en el Sitio del Proyecto. 16

Figura III 6. Uso de Suelo y Vegetación Presente en el Sitio del Proyecto. 17

Figura III 7. Ubicación del Proyecto en la Regionalización Sísmica de la República mexicana (CFE. 2015). 24

Figura III 8. Áreas receptoras de Tsunamis Locales y Lejanos. 25

Figura III 9. Ubicación del Proyecto según el Índice de Peligro para Tsunamis en el Municipio de Empalme 29

Figura III 10. Vulcanismo activo, calderas y regiones monogenéticas. 31

Figura III 11. Ubicación del proyecto según el Índice de Riesgos por Sequias. 53

Figura III 12. Ubicación del Proyecto según el Índice de Peligro para Temperaturas Máximas Extremas. 56

Figura III 13. Ubicación del Proyecto según el Índice de Peligro para Vientos Fuertes. 59

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

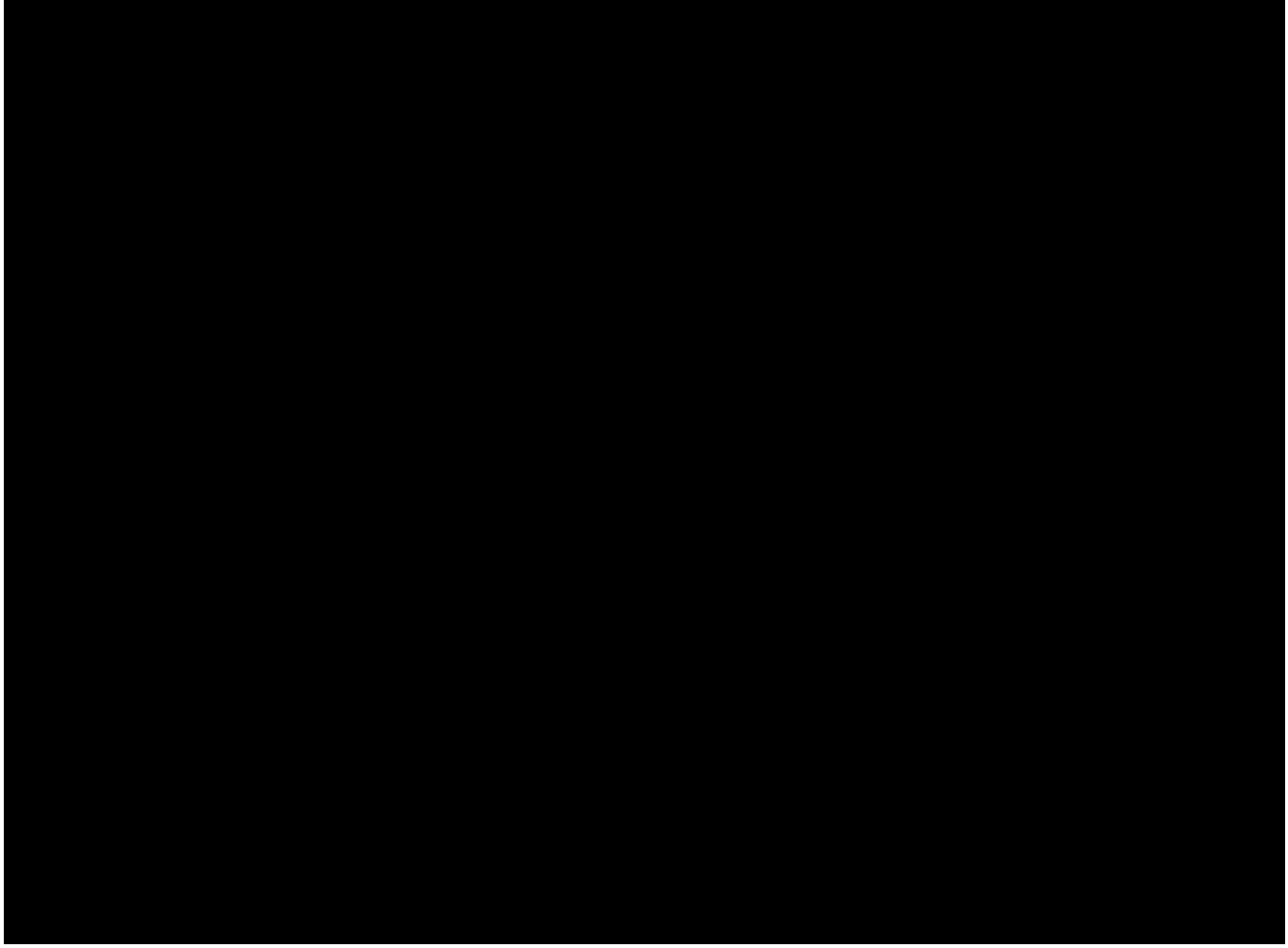
Derivado de la puesta en marcha de la Reforma Constitucional en materia Energética aprobada por el Congreso en 2013, y la subsecuente entrada en vigor de la libre importación por privados para el suministro de gasolinas y diésel en nuestro país en 2016, se plantea el proyecto Terminal de Fluidos de Empalme, el cual busca captar los volúmenes de gasolinas Regular y Premium, así como Diésel ultra bajo en azufre, Turbosina y/o Etanol que ingresarán de manera privada al Estado de Sonora y puntos vecinos a través de dicha Terminal.

La Terminal de Fluidos de Empalme permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos.

El proyecto considera la infraestructura para recepción, almacenamiento y despacho de productos petrolíferos por Buques, Ferrocarril y Auto-tanques, considerando su implementación en el Recibo, Almacenamiento y Despacho del producto, con un esquema que permita mediante la Medición, Control, Automatización y Seguridad, mantener la producción, optimizar los costos de mantenimiento, ser más eficientes en la medición, administrar el riesgo a valores aceptables y reducir la contaminación.

La nueva Terminal de almacenamiento se localizará en la costa del Municipio de Empalme, Sonora, México (a 15 kilómetros del Puerto actual de Guaymas). Se ubicará en un predio con un área de 513 ha, el cual está localizado dentro de la Zona Industrial Portuaria de Almacenamiento para Hidrocarburos del Programa de Zona Conurbada Guaymas-Empalme-San Carlos y del Programa Municipal de Ordenamiento Territorial.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



La Terminal de Fluidos de De Empalme, se encuentra autorizada en materia de impacto y riesgo ambiental por la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) mediante el oficio ASEA/UGI/DGGPI/1003/2018 de fecha 16 de mayo de 2018 a nombre de la empresa OMANOR, S.A. de C.V.

- **Naturaleza del Proyecto.**

El presente proyecto, consiste en la construcción y operación de una Terminal para recepción, almacenamiento y despacho de productos petrolíferos por Buques, Ferrocarril y autotanques, con un esquema que permita mediante la Medición, Control, Automatización y Seguridad, mantener la producción, optimizar los costos de mantenimiento, ser más eficientes en la medición, administrar el riesgo a valores aceptables y reducir la contaminación, en el municipio de Empalme, Sonora.

El objetivo del proyecto es satisfacer la necesidad de contar con una terminal que permita atender la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos procedentes de Estados Unidos de América (EUA) como principal proveedor, especialmente gasolina magna, gasolina premium, turbosina, etanol y diésel, mismos que serán distribuidos a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos.

III.1. ASPECTOS ÁBIOTICOS.

III.1.1 CLIMA.

El municipio de Empalme cuenta con un clima clasificado como BW (h') w el cual se caracteriza por ser un clima muy árido, cálido y con lluvias en verano que representan del 5 al 10.2% de la precipitación pluvial anual, este territorio se caracteriza por presentar un clima predominantemente cálido con heladas ocasionales y dos temporadas de lluvia muy marcadas.

La temperatura media anual en el área de estudio se analizó a partir de 2 estaciones meteorológicas en operación, registradas en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Una de estas estaciones meteorológicas se encuentra en la localidad de San Carlos, Nuevo Guaymas a 7 m.s.n.m. y corresponde a la estación Francisco (26177). La segunda llamada San Francisco (26329) se encuentra al norte del municipio a 69 m.s.n.m., cerca de la localidad Santa María de Guaymas. Ambas presentan una temperatura media normal anual bastante similar, la primera de 23.7 °C y la segunda de 23.8°C.

Los meses más calurosos en ambas estaciones son Junio, Julio, Agosto y Septiembre. La temperatura máxima normal anual de la estación Francisco (FFCC) fue de 32.5°C, mientras que la de la estación San Francisco fue de 34.6°C. Los meses más fríos son Diciembre, Enero y Febrero, con una temperatura mínima normal anual de 15.1°C para la estación Francisco (FFCC) y de 12.8°C para la estación San Francisco.

Para el sitio donde se pretende realizar el proyecto, el tipo de clima existente según la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1981) es Muy Árido, Cálido (BW (h´) w), como se puede apreciar en la **Figura III 2.**

- **(BW (h´) w:** Muy Árido, Cálido, temperatura media anual mayor de 22§C, temperatura del mes más frio mayor de 18§C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

En la Tabla III.1, se presentan las normales climatológicas de la "ESTACIÓN 00026177 FRANCISCO (FFCC)".

Tabla III 1. Normales Climatológicas de la Estación 0002617 Francisco (FFCC)

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS (PERIODO 1951 - 2010)													
ESTACIÓN: 00026177 FRANCISCO (FFCC) ESTADO: SONORA			LATITUD: 27° 59' 00" N.			LONGITUD: 110° 58' 00" W.			ALTURA: 7.0 MSNM				
ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
TEMPERATURA MÁXIMA													

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

NORMALES CLIMATOLÓGICAS (PERIODO 1951 - 2010)

ESTACIÓN: 00026177 FRANCISCO (FFCC) ESTADO: SONORA | **LATITUD: 27° 59' 00" N.** | **LONGITUD: 110° 58' 00" W.** | **ALTURA: 7.0 MSNM**

ELEMENTOS	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Normal	25.4	26.7	28.9	32.1	35.8	38.1	38.2	37.9	36.6	33.9	30.6	25.9	**35.5**
Máxima mensual	29.5	29.8	31.6	34.4	38.3	40.2	39.8	39.7	39.6	36.8	32.7	28.7	
Año de máxima	2003	2006	2007	2008	1978	2006	1978	2010	2001	2008	1976	1973	
Máxima diaria	36.0	40.0	40.0	41.0	45.0	45.0	46.0	46.0	44.0	42.0	40.0	34.0	
Fecha máxima diaria	05/2006	24/2009	01/2009	14/2006	19/2001	27/2003	26/2009	24/2001	24/2001	06/2005	02/2005	06/2010	
Años con datos	15	14	15	14	14	15	14	16	13	15	14	14	
TEMPERATURA MEDIA													
Normal	16.8	17.6	19.2	21.8	25.3	29.4	31.4	30.9	29.6	25.4	21.3	16.9	**23.8**
Años con datos	15	14	15	14	14	15	14	16	13	15	14	14	
TEMPERATURA MÍNIMA													
Normal	8.2	8.6	9.4	11.5	14.8	20.8	24.6	23.8	22.6	17.0	12.0	7.9	**15.1**
Mínima mensual	6.3	6.0	7.3	7.8	12.2	18.3	22.8	18.3	19.9	15.1	9.1	6.2	
Año de mínima	1975	1974	1975	1975	1978	1977	1978	1975	1975	2002	2010	1975	
Mínima diaria	2.0	0.0	0.0	3.0	5.0	8.0	18.0	7.0	14.0	8.0	2.0	0.0	
Fecha mínima diaria	17/2007	25/1975	10/2005	18/1975	09/1974	05/2001	01/2004	07/1975	23/2004	30/2009	28/2001	30/2003	
Años con datos	15	14	15	14	14	15	14	16	13	15	14	14	
PRECIPITACIÓN													
Normal	13.0	6.5	0.0	1.0	0.5	2.7	54.0	47.3	78.0	6.6	5.3	3.7	**218.6**
Máxima mensual	91.0	48.5	0.0	13.5	7.0	15.5	152.5	137 0	311.0	26.0	35.0	22.5	
Año de máxima	2004	2005	1973	2004	2005	2001	2003	2008	2001	2006	2007	2007	
Máxima diaria	51.0	30.0	0.0	12.0	7.0	15.0	96.0	55.0	180.0	25.5	32.0	21.0	
Fecha máxima diaria	13/2004	22/2004	01/1973	01/2004	26/2005	30/2003	30/2007	23/2003	30/2001	23/2006	30/2007	09/2007	
Años con datos	15	13	15	14	14	15	13	16	11	15	13	14	
NUMERO DE DÍAS CON													
Evaporación Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Años con datos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Lluvia	1.0	0.8	0.0	0.1	0.1	0.4	4.3	3.3	3.1	1.1	0.7	0.4	**15.3**
Años con datos	15	13	15	14	14	15	13	16	11	15	13	14	
NIEBLA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Años con datos	15	14	14	14	14	14	12	14	12	14	13	13	
GRANIZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
Años con datos	15	14	14	14	14	14	12	14	12	14	13	13	

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL													
NORMALES CLIMATOLÓGICAS (PERIODO 1951 - 2010)													
ESTACIÓN: 00026177 FRANCISCO (FFCC) ESTADO: SONORA				LATITUD: 27° 59' 00" N.			LONGITUD: 110° 58' 00" W.			ALTURA: 7.0 MSNM			
ELEMENTOS	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Anual**
TORMENTA E,	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	.0.0	0.0	0.0	0.0	**0.3**
Años con datos	15	14	14	14	14	14	12	14	12	14	13	13	

A continuación se enlistan Velocidad del viento máxima, Dirección de la velocidad máxima del viento, Velocidad promedio del viento, Dirección promedio del viento, Radiación Global, Humedad relativa. Velocidad del viento máxima, Dirección de la velocidad máxima del viento, Velocidad promedio del viento, Dirección promedio del viento, Radiación Global, Humedad relativa.

Tabla III.2. Registros Climatológicos Históricos 2005 - 2017.

Año	VV Max	DVV Max	VV	DV	Rad. G	HR
2017	33	205.3 (S)	9.119	230,6267 (S)	153.138	54,9192
2016	33	205.3 (S)	9.114	230.8642 (SO)	153.065	54.89
2015	27.86	226.18 (NO)	8,802	256.988 (O)	156.984	52,562
2014	32,717	222.9 (NO)	9,543	197,3725 (O)	226.455	51,2792
2013	26.8	211.3 (S)	8,553	176.26 (S)	442.687	52,2233
2009	26,005	211.3(S)	5,595	238.3409 (SO)	527.815	48,3036
2008	27,567	208.633 (SO)	5,644	252.875 (O)	521.423	49,6908
2007	30,192	28,283 (N)	6,518	(SO)	522.664	49,3183
2006	28,283	232.175 (SO)	6,378	213,8625 (SO)	521.1	45,0092
2005	24,938	217.525 (SO)	6.46	167.24 (SO)	510.698	53,8538

VV max.: Velocidad del viento máxima (km/hr).
DVV max.: Dirección de la velocidad máxima del viento.
VV: Velocidad promedio del viento (km/hr).
DV: Dirección promedio del viento (grados azimut).
Rad. G.: Radiación Global (w/m2).
HR: Humedad relativa (%).

III.1.2. GEOLOGÍA.

En este tema se analiza la constitución, origen e historia de los procesos que conformaron el territorio que abarca el Municipio de Empalme. Con este análisis es posible tomar en cuenta la localización de mantos de agua subterránea, yacimientos y concentraciones de minerales susceptibles de explotarse económicamente, afloramiento de roca útil como material de construcción, entre otros aspectos. Esto permite indicar a su vez la conveniencia técnica del desarrollo y crecimiento de asentamientos urbanos, la realización de obras de ingeniería civil de gran envergadura, así como de control de corrientes superficiales.

Para la descriptiva geológica del municipio de Empalme, se empleó información de CONAGUA, en donde se detalla la composición geológica del territorio con el fin de evaluar la disponibilidad de agua de los acuíferos que forman parte de este municipio.

De acuerdo a esta información, la secuencia estratigráfica de las rocas que afloran el área de estudio, forman columnas compuestas por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, de edades que abarcan desde el Mesozoico hasta el Reciente. De éstas rocas, resaltan las sedimentarias pertenecientes al Cuaternario ya que ocupan la mayor superficie del área analizada.

Del periodo Mesozoico resaltan las rocas correspondientes a la parte final de esta era, es decir ubicadas en el periodo Cretácico, destacando el Granito por su antigüedad. Actualmente estos afloramientos tienen su mayor expresión al norte de la ciudad de Empalme, donde se encuentran formando la estribación oriental de la Sierra Santa Úrsula.

Del periodo Terciario resaltan los Derrames Basálticos, los cuales representan la última manifestación volcánica de este periodo. La edad de estas erosiones, de acuerdo a su posición estratigráfica, puede situarse en Oligoceno. Su mayor área de afloramiento está situada al Sur de la Sierra Bacatete, en la Sierra San Francisquito y en el Cerro Cruz de Piedra hacia la línea costera.

Por último, el Cuaternario constituye la unidad geológica más importante del territorio, ya que los sedimentos correspondientes a este periodo se encuentran formando la mayor superficie de afloramientos del área estudiada. Estos son sedimentos clásicos consolidados como boleos, gravas, arenas, arcillas y limos, derivados de las formaciones geológicas preexistentes que han sido erosionadas, transportadas y depositadas por corrientes fluviales en las antiguas depresiones que actualmente constituyen el Valle de Guaymas - Empalme. Estas han formado la planicie aluvial y fluvial de la cuenca, en la que se pueden distinguir estructuras secundarias como conos aluviales, llanuras de inundación, dunas, barras, etc.

Por otra parte, en cuanto a los yacimientos minerales y de acuerdo a información del Servicio Geológico Mexicano (SGM), dentro del territorio se presentan únicamente No Metálicos, que corresponden a depósitos de sal, específicamente a la Salina Santa Olga, localizada al sur de la ciudad de Empalme, con una producción variable de entre 700 y 800 toneladas a la semana, sujeta a cambios de acuerdo a factores climatológicos.

De igual forma, como zonas prospectivas están la gran variedad de rocas volcánicas ácidas, que presentan condiciones propicias para localizar nuevas concentraciones de minerales no metálicos como perlita, puzolana, zeolitas, obsidiana y piedra pómez.

Entre los aspectos a considerar en este análisis también está la presencia de estructuras geológicas y la sismicidad que tiene la zona. De acuerdo a la cartografía de fenómenos geológicos del Atlas de Riesgos del Estado de Sonora, dentro del territorio se identifican varias fallas geológicas distribuidas en las masas montañosas de la Sierra Libre, La Ventana, Santa Úrsula y la Sierra El Bacatete. Estas fallas son en su mayoría de origen distensivo y se clasifican en diferentes tipos: Falla Normal, Fractura, Fractura Inferida, entre otras. A su vez, este territorio se encuentra geográficamente cerca del área de desprendimiento de la Península de Baja California con respecto al macizo continental en dirección Noroeste, la cual sigue una serie de fallas y fracturas, siendo la principal la de San Andrés.

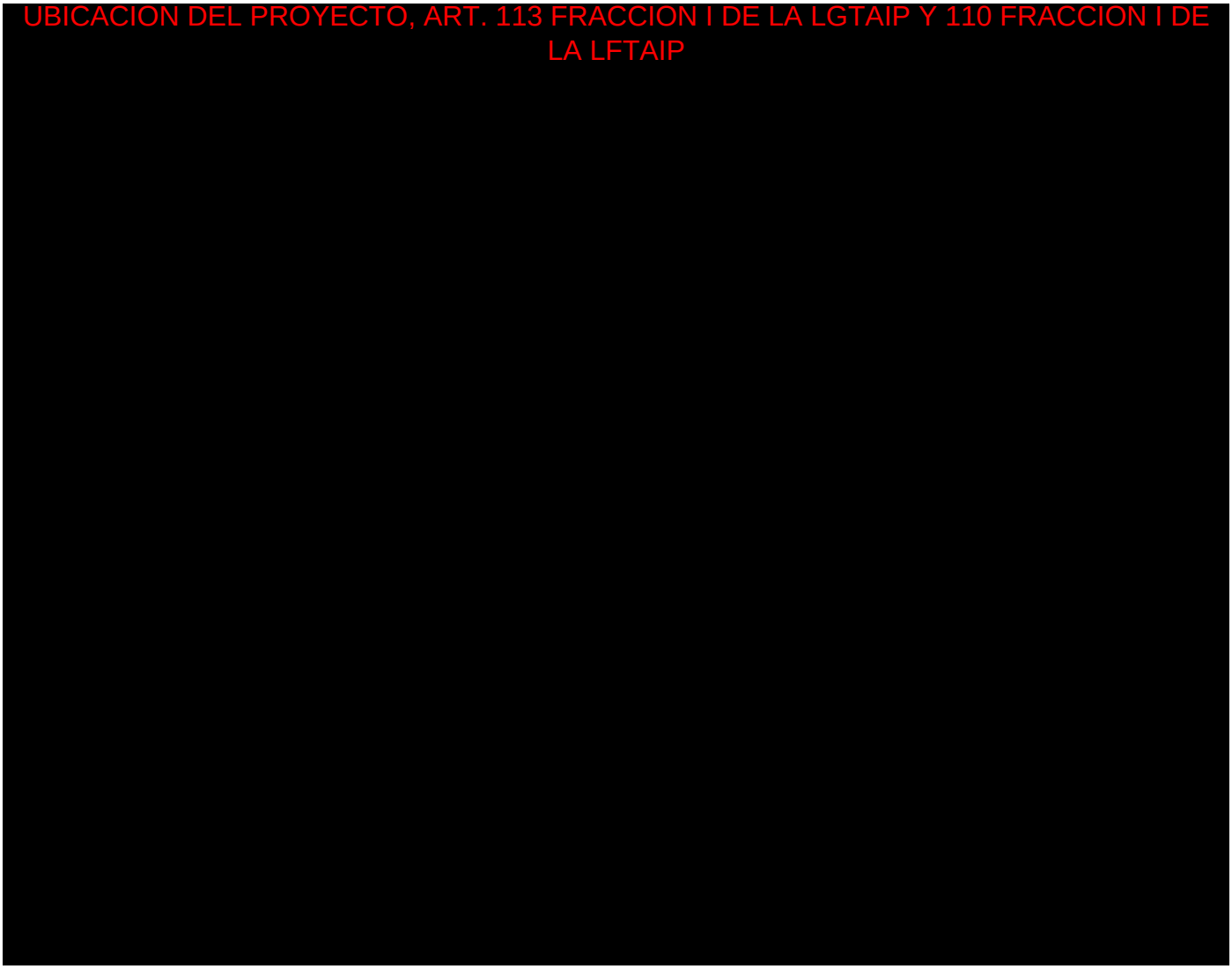
Por otra parte, respecto a la sismicidad de la zona el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), ubica al municipio de Empalme en un área clasificada como Media, con rangos de

intensidad que varían entre III y IV grados en la escala de Mercali. Esto hace que no se descarte la posibilidad de que se presenten estos fenómenos debido a la cercanía que se tiene con la falla de desgarre del Golfo de California, la cual podría generar movimientos telúricos en la zona.

Características litológicas y presencia de fallas, fracturas y ejes estructurales.

El sitio donde se pretende realizar el proyecto, se caracteriza por presentar litología Suelo (Q(s)), el cual es netamente natural, el cual no presenta características específicas, como cualquier otro tipo de roca, el sitio del proyecto se encuentra a una altura entre los 2 y 4 msnm **(Ver Figura III 3).**

Dentro del sitio donde se pretende realizar el proyecto, no existen fallas, fracturas, ni ejes estructurales, por lo tanto no inciden en el predio de la Terminal De Empalme ni la Ruta del Ducto.



III.1.3. GEOMORFOLOGÍA.

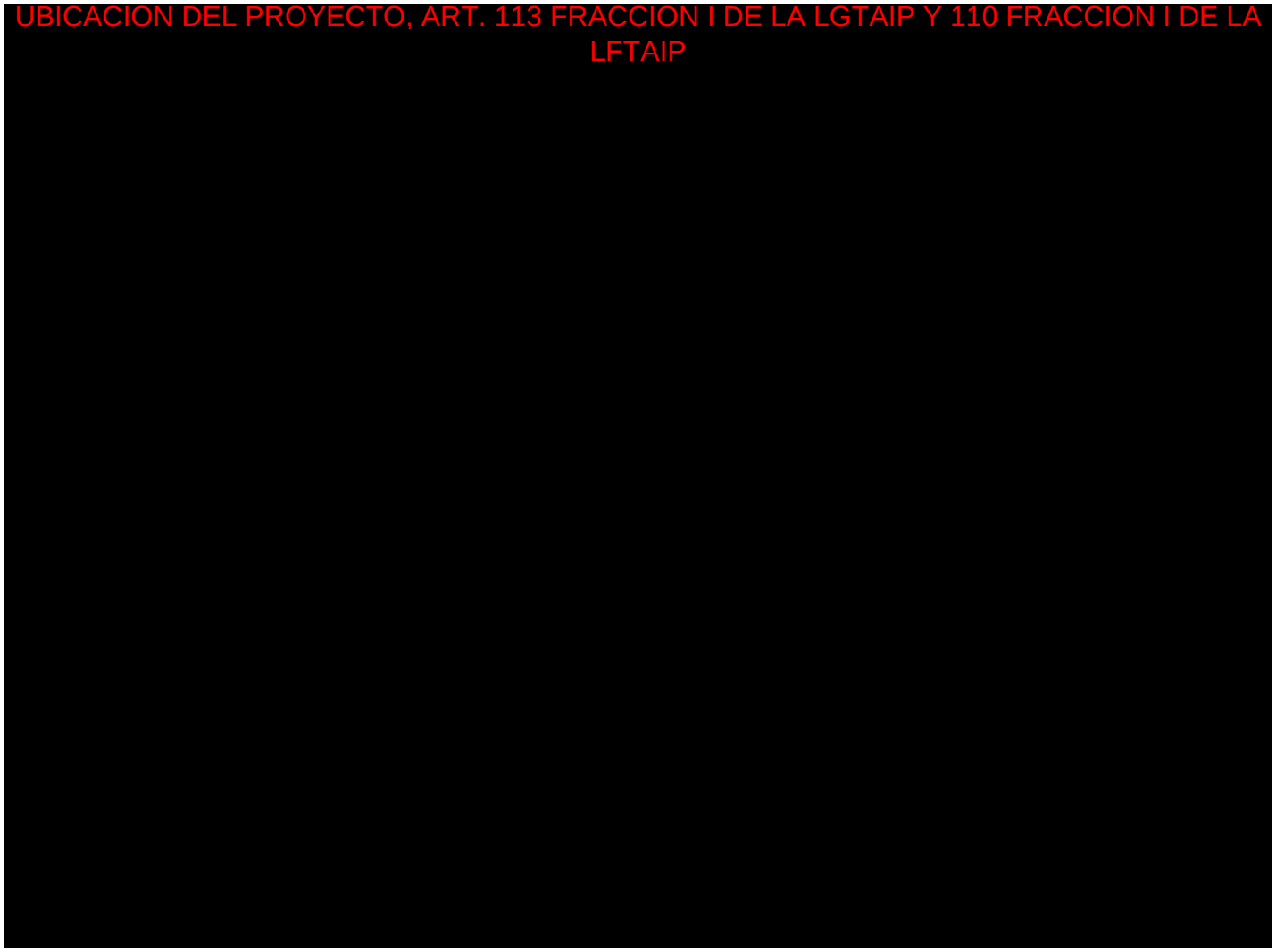
De acuerdo al INEGI, el relieve es la forma que se presenta en la superficie de la Tierra. Para su caracterización se emplea el conocimiento fisiográfico, el cual además de identificar los rasgos más importantes del relieve, contempla los procesos que intervinieron en su modelado hasta llegar a su aspecto actual.

Para su estudio, la Dirección General de Geografía del INEGI determinó una división del territorio nacional en 15 regiones fisiográficas según sus características. En particular, el municipio de Empalme forma parte de la región denominada Llanuras Sonorenses. Esta se caracteriza por conformarse de extensas áreas planas separadas entre sí por sierras bajas, las cuales están cubiertas en la mayor parte o en toda su extensión de amplios abanicos aluviales que descienden con pendientes suaves desde las sierras que flanquean el territorio1; en este caso de la Sierra Bacatete, con una altura de 850 m.s.n.m. ubicada al Oriente y de la Sierra Libre o también conocida como Santa Úrsula con una altura 550 m.s.n.m., ubicada en el límite poniente del municipio.

Dentro de este territorio destaca el Valle de Empalme, el cual corresponde a una extensión del valle de Guaymas, que inicia a la altura de la Presa Ignacio Alatorre en el municipio de Guaymas, con un recorrido que sigue longitudinalmente los márgenes del Río Mátape, manteniendo una orientación de Norte a Sur con pendiente hacia el mar.

Como se mencionó anteriormente, en este territorio predominan los terrenos con poca pendiente, esta amplia planicie se ve únicamente interrumpida por el Cerro de la Cruz que alcanza una altura de 114 m.s.n.m. localizado al norte de la ciudad de Empalme; y también por el Cerro Piedra Volada, los cuales representan puntos de referencia dentro de la mancha urbana. Hacia el oriente del municipio, cerca de la costa se identifica el Cerro Cruz de Piedra, el cual alcanza una altura de 150 m.s.n.m. y otras elevaciones menores que no superan los 100 m.s.n.m.

El sitio donde se pretende realizar el proyecto, se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica Llanura Costera del Pacifico y la Subprovincia Llanura Costera, donde incide la Topoforma Bajada (Bajada con Lomerío) como se puede apreciar en la **Figura III 4.**



III.1.4. EDAFOLOGÍA.

El análisis edafológico del municipio, es decir de la capa superficial del suelo, es parte importante de la caracterización y diagnóstico del territorio, ya que es en ésta en donde se desarrolla la cubierta natural y gran parte de las actividades humanas. Debido a esto se considera elemental conocer su composición, con el fin de tener los elementos para generar estrategias dirigidas a un buen manejo productivo, así como de ingeniería civil.

El suelo está formado por horizontes y/o capas, las cuales indican diferentes propiedades y características. La clasificación de suelos que en este análisis se emplea es el de la DGG (Dirección General de Geografía), clasificación mundial natural, que reúne las características morfológicas, físicas, químicas y biológicas del suelo. Esta clasificación se ordena de acuerdo a la Leyenda de Clasificación de Suelos FAO/UNESCO 1968, modificada por DETENAL (Dirección de Estudios del Territorio Nacional) en 1970 y representa la clasificación generalizada entre los especialistas de suelos de México.

A continuación se detalla el Análisis Edafológico del territorio municipal, destacando aquellos tipos y subtipos de suelo predominantes, haciendo hincapié en sus características, según lo expuesto en la Guía para la interpretación de cartografía edafológica de INEGI (2004). Esta guía le asigna una clave de letras y números de acuerdo a la unidad de suelo predominante y secundaria, al subtipo de suelo, la fase química y a la clase textural que presenta.

La primera unidad edafológica clasificada como Vc+Yl/2/sn se encuentra en la mayor parte del territorio municipal. Abarca la parte norte y centro de la planicie aluvial del valle de Empalme. Tiene como unidad de suelo predominante el Vertisol, el cual se caracteriza por tener como vegetación pastizales y matorrales; así como por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo. Su color característico es café rojizo. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo, ya que son suelos muy fértiles, pero presentan una dificultad de labranza por su dureza. Estos suelos son aptos para producir principalmente caña, cereales, hortalizas y algodón. Tiene baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Otra unidad presente en el territorio es la clasificada como I+Re/1 la cual se observa en las elevaciones que forman parte del municipio, como es el caso de la Sierra Santa Úrsula, Cerro Cruz de Piedra y las elevaciones ubicadas al oriente del área de estudio. Esta unidad tiene como suelo predominante el Litosol, el cual es equivalente a un suelo de piedra. Se caracteriza por su profundidad menor de 10 cm. limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido.

Cerca de la zona costera, así como en el límite oriente del municipio, se identifican manchones clasificados como Yk+Zo/2/SN, los cuales tienen como unidad de suelo predominante el Yermosol. Estos suelos se caracterizan por tener como vegetación matorrales o pastizales y en ocasiones presentan capas de cal, yeso y sales en la superficie o en alguna parte del subsuelo. Su uso agrícola está restringido a las zonas donde se puede contar con agua de riego, con especies como la candelilla, nopal y lechuguilla.

Por otra parte, en la zona costera se identifica una unidad clasificada como Zo/2/N, la cual tiene como suelo predominante el Solonchak, estos suelos son clasificados como salinos, comunes en algunas lagunas costeras y lechos de lagos o en las partes más bajas de los valles y llanos de regiones secas. La vegetación típica en este tipo de suelo es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se encuentra limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio de lavado de suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos.

Por último, la unidad edafológica menos predominante es la Xk+Zo/2/sN, la que se identifica en una pequeña porción ubicada al poniente de la ciudad de Empalme y al norte del Estero El Rancho. Esta unidad presenta como suelo predominante el Xerosol, el cual hace referencia a un suelo seco con una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica. Su rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego.

En el sitio donde se pretende realizar el proyecto, incide el suelo tipo: Solonchak órtico, con una Clase Textural Gruesa, una Fase Física Gravosa y una Fase Química Sódica (Clave: Zo/1G/n) como se puede apreciar en la **Figura III 5.**

A continuación, se definen las propiedades fisicoquímicas de los tipos de suelo ya mencionados:

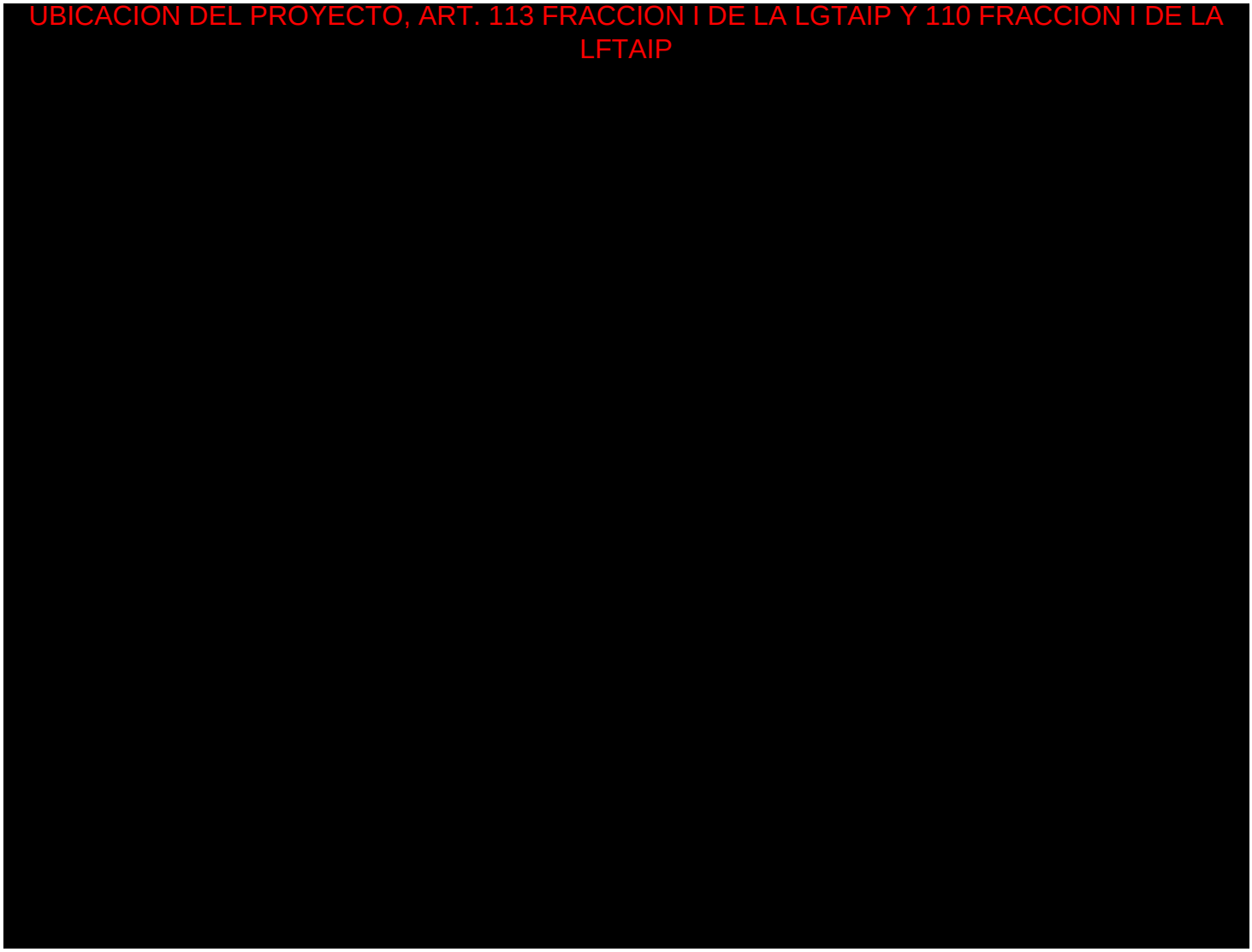
Unidades de Suelo		
Código	**Nombre**	**Definición**
Z	Solonchak	Del ruso sol: sal. Literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las regiones secas del país (Fig. 49 Y 50). Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo. La vegetación típica para este tipo de suelos es el pastizal u otras plantas que toleran el exceso de sal (halófilas). Su empleo agrícola se halla limitado a cultivos resistentes a sales o donde se ha disminuido la concentración de salitre por medio del lavado del suelo. Su uso pecuario depende del tipo de pastizal pero con rendimientos bajos.

Calificadores de las Subunidades de Suelo		
Código	**Nombre**	**Definición**

Fase Física		
Código	**Nombre**	**Definición**
G	Gravosa	Suelo con muchas gravas a menos de 100 cm de profundidad y que limita o impide el uso de maquinaria agrícola. Las gravas miden de 0.2 a 7.5 cm en su parte más ancha.

Fase Química		
Código	**Nombre**	**Definición**
n	Sodica	Caracterizada por una saturación de sodio intercambiable mayor al 15%.

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



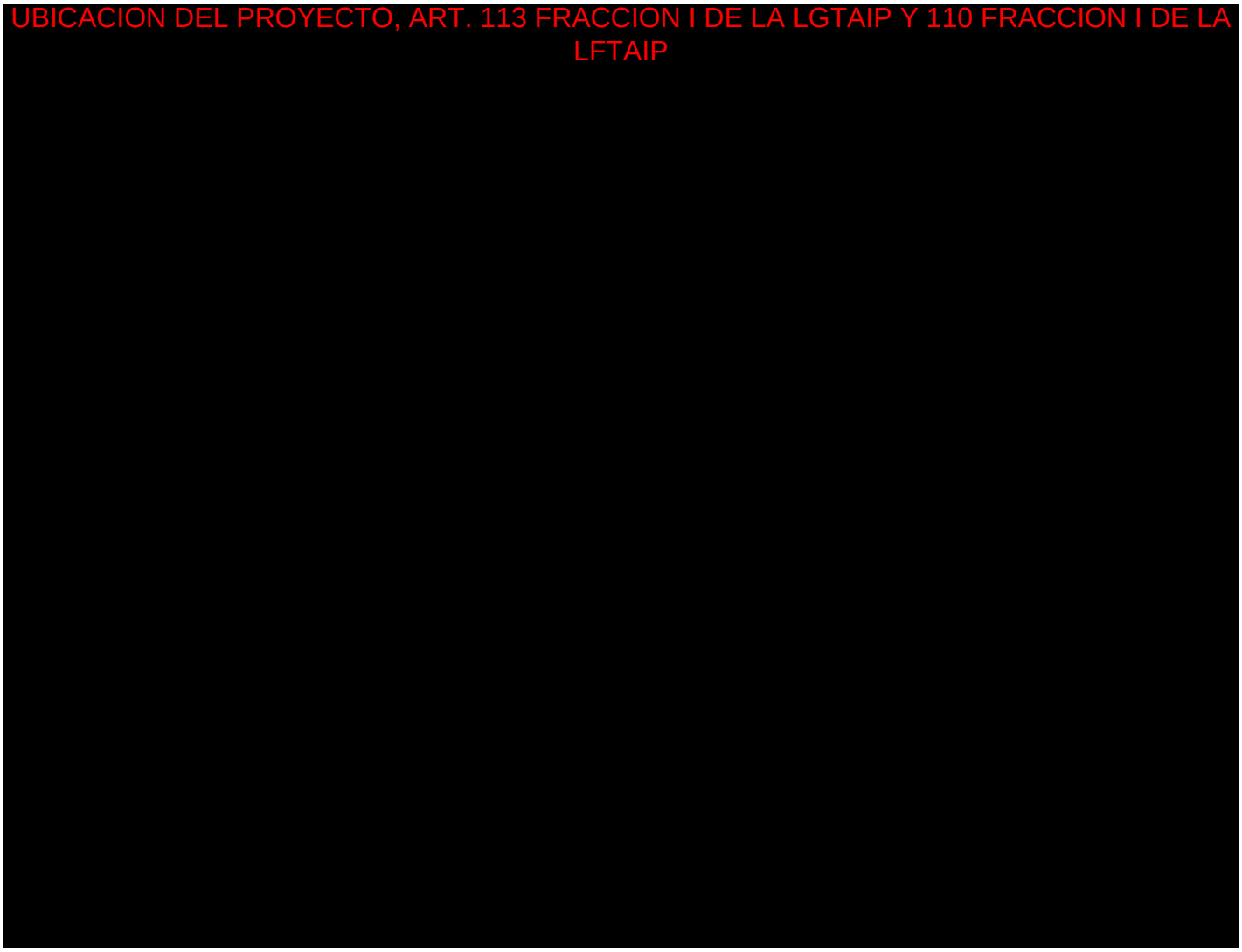
III.2. ASPECTOS BÍOTICOS.

III.2.1. FLORA

En el municipio de Empalme, predomina la vegetación tipo mezquital (mezquite), siendo la vegetación más dominante la del matorral espinoso semidesértico, pudiéndose encontrar también pequeñas áreas de matorral Subinerme. La distribución de la vegetación en este municipio es como sigue; matorral 54.56%, pastizal 17.79%, vegetación de dunas costeras 0.61%, y vegetación acuícola 0.58% (fuente: INEGI).

La capa de Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250,000 del INEGI, determina el sitio donde se pretende realizar el proyecto, como suelo con presencia de vegetación tipo Mezquital Xerófilo (MKZ) y vegetación tipo Halófila Xerófila (VH). En su mayoría los alrededores del sitio se aprecian con algunos manchones

vegetales y suelo totalmente desnudo, así como algunas localidades a distancias lejanas, como la localidad de El Cochoric que se encuentra a 6 km aproximadamente del sitio del proyecto.



Como resultado de los trabajos de campo para el SAR, el MIA-R del presente Proyecto, manifestó que se obtuvo que sólo 3 especies de flora se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (ver siguiente tabla).

Tabla III 3. Listado de especies de flora incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, con distribución en el SAR.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	NOM-059-SEMARNAT-2010	Forma de Vida	Ubicación
Avicenniaceae	*Avicenia germinans*	mangle negro	Amenazada (A)	Arbóreo	SAR
Cactaceae	*Carnegiea gigantea*	sahuaro	Amenazada (A)	Arbóreo	SAR
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	mangle Rojo	Amenazada (A)	Arbóreo	SAR

Nota: En el capítulo IV del Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) que acompaña el presente Análisis de Riesgo, se detalla la información sobre los componentes bióticos (Fauna y Flora) identificados en la zona del proyecto durante los trabajos realizados en campo, así como de lo consultado en bibliografía especializada y bases de datos.

III.2.2. FAUNA.

En el municipio de Empalme, se puede observar la siguiente fauna : sapo, tortuga del desierto, camaleón, perrita del desierto, coyote, coralillo, víbora de cascabel y chicotera, venado, berrendo, puma, lince, jabalí, mapache, tejón, liebre, conejo, zorra, tórtola algodonera, lechuza, tecolote, cuervo, gavilán, aguililla, entre otras especies.

En cuanto a la fauna marina contamos con variadas especies que se desarrollan en el Golfo de California, como son los peces de escama, la sardina, el tiburón, la lisa, la sierra, la curvina, etc., además existen otras especies como el pulpo, el camarón azul, el caracol, callo de hacha y mariscos de concha, etc,.

De acuerdo al trabajo en campo realizado en el MIA-R del presente Proyecto, para el caso de la fauna considerada bajo alguna categoría de riesgo por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se tiene que, de las 85 especies registradas, 10 se identificaron bajo algún estatus de protección. De estás, 5 correspondieron a reptiles y 5 a aves. En lo referente a la categoría de riesgo asignada, se tiene que 6 especies presentan Protección especial (Pr), 3 están Amenazadas (A) y una en Peligro de extición (P). En la siguiente tabla se muestran las especies en riesgo de acuerdo a la NOM-SEMARNAT-059-2010.

Así mismo, se identificaron las siguientes especies (en zona terrestre) en alguna categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010:

Tabla III 4. Especies de vertebrados registradas durante los trabajos de campo catalogadas dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Clase	Especie	Nombre común	Estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010
Reptiles	*Ctenosaura hemilopha*	iguana espinosa de Sonora	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptiles	*Crotalus basiliscus*	cascabel de la costa	Sujeta a protección especial (Pr)
Reptiles	*Heloderma suspectum*	lagarto de Gila	Amenazada (A)
Reptiles	*Callisaurus draconoide*	lagartija cola de cebra	Amenazada (A)
Reptiles	*Uta stansburiana*	lagartija costado manchado común	Amenazada (A)
Aves	*Egretta rufescens*	garceta rojiza	En Peligro de extinción (P)
Aves	*Parabuteo unicinctus*	aguililla rojinegra	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Buteo swainsoni*	aguililla de Swainson	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Larus heermanni*	gaviota ploma	Sujeta a protección especial (Pr)
Aves	*Larus livens*	gaviota pata amarilla	Sujeta a protección especial (Pr)

Con relación al área marina, en la Bahía de Guaymas existen 26 especies de elasmobranquios registradas en OBIS, de las cuales, el tiburón ballena (*Rhincodon typus*) es el único elasmobranquio incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 que se ha registrado en la zona cercana a la ciudad de Heroica Guaymas de acuerdo a Wolfson (1986). Lo anterior se obtuvo de Fishbase y OBIS.

Así mismo, se tiene el registro en las bases de datos de OBIS y Fishbase de las especies de *Hippocampus ingens, Pomacanthus zonipectus y Totoaba macdonaldi* consideradas las dos primeras como sujetas a protección especial (Pr) y la ultima en peligro de extinción (P) de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Dichos registros se refieren a la zona de Guaymas, además, estas especies requieren de profundidades adecuadas por lo que no se encontrarían en el área del proyecto.

Nota: En el capítulo IV del Manifiesto de Impacto Ambiental modalidad Regional (MIA-R) que acompaña el presente Análisis de Riesgo, se detalla la información sobre los componentes bióticos (Fauna y Flora) identificados en la zona del proyecto durante los trabajos realizados en campo, así como de lo consultado en bibliografía especializada y bases de datos.

III.3. SUSCEPTIBILIDAD DEL SITIO DEL PROYECTO.

III.3.1. TERREMOTOS (SISMICIDAD).

De acuerdo a CENAPRED, el territorio nacional está asociado al Cinturón Circumpacífico, por lo que se encuentra afectado por la movilidad de cuatro placas tectónicas: la de Norteamérica, Cocos, Rivera y del Pacífico. Debido a esto, México cuenta con varias zonas de alto riesgo sísmico, asociadas al choque entre las placas tectónicas de Norteamérica, del Pacífico y Riviera de Cocos; éstas repercuten en las costas del Pacífico, Eje Volcánico Transversal, península de Baja California y costas de Sonora y Sinaloa.

La intensidad de un sismo, en un lugar determinado, se evalúa mediante la escala Modificada de Mercalli y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en el terreno.

El municipio de Empalme se ubica en una zona que no presentan una escala de intensidad de sismos, sin embargo se encuentra próximo a la franja que representa la escala II de Mercalli Modificada, lo que significa que los sismos en esa zona son sentidos sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de edificios.

Tabla III 5. Escala de Mercalli modificada.

Escala	Descripción
I	No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.
II	Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.
III	Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.
IV	Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oir las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que producirá el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.
V	La mayoría de las personas lo percibe aun en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchos despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.
VI	Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas.
VII	Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conDuctores de automóviles en marcha. Se

Escala	Descripción
	producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Las chimeneas débiles se quiebran a nivel de la techumbre. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes o taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas.
VIII	Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casa e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.
XIX	Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.
X	Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.
XI	Muy pocas estructuras de albañilerías quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.
XII	El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

- **Zonas Sísmicas de la República Mexicana.**

Para conocer el grado de peligro sísmico del municipio, se recurrió a la Regionalización Sísmica de CFE, la cual establece que hipotéticamente la República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas que están diseñadas con fines antisísmicos; esta zonificación emitida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) contempla los datos de cada uno de los sismos que están registrados desde inicios de siglo, los más importantes y los de mayor impacto en la infraestructura (registros históricos) y en los registros de aceleración del subsuelo de los grandes movimientos ocurridos.

Las zonas sísmicas de la República Mexicana son las siguientes:

- La Zona A: Representa la región donde no se tienen registros de sismos, no se habían reportado en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10 % de la aceleración de la gravedad.
- La Zona B y C: Son zonas intermedias donde se registran sismos no tan frecuentemente, aunque son afectados por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70 % de la aceleración del suelo.
- La Zona D: Es la Franja donde se han presentado grandes sismos históricos, en esta región la ocurrencia de los sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

El municipio de Empalme, se encuentra geográficamente cerca del área de desprendimiento de la Península de Baja California con respecto al macizo continental en dirección Noroeste, la que sigue una serie de fallas y fracturas, siendo la principal la de San Andrés; esa serie de fallas se ubican paralelas al Golfo de California y en consecuencia cerca a las costas de Empalme, por lo que es una zona de intensa actividad sísmica, con rangos de intensidad que varían entre III y VI grados en la escala de Mercalli.

Según el Servicio Sismológico Nacional a lo largo del Mar de Cortés y en la sierra de Sonora se tiene registrado 141 movimientos sísmicos en el periodo que comprende de 25 de Junio de 2009 al 18 de Enero del 2012, que van desde el rango de 3.0 al 6.9 en la escala de Richter, de los cuales 43 tuvieron epicentro dentro de los 80 km. alrededor de la región Guaymas - Empalme. El periodo de retorno (Tr) para aceleraciones de 0.15g o mayores para Empalme, de acuerdo a CENAPRED, es de 3,793 años.

Al ser el municipio de Empalme un territorio reducido y por la consistencia en sus características físicas, el comportamiento ante sismos es muy uniforme en toda su superficie, por lo que las aceleraciones máximas, expresadas en Gal (m/seg2) para los distintos periodos de retorno.

A partir de esto se determinó el peligro por sismo para el municipio de Empalme, el que va de MEDIO en periodos de retorno de 10 años a BAJO en periodos de retorno de 100 y 500 años. Esta situación es uniforme, tanto para la localidad urbana de Empalme, como para las localidades rurales asentadas en el valle de este municipio.

En cuanto a la vulnerabilidad física ante sismos, dentro del territorio se identifican algunas localidades rurales y áreas urbanas con vulnerabilidad alta ante este tipo de fenómenos. La primera situación que se evalúa en este aspecto son las características y seguridad estructural de las viviendas. En el entorno rural resaltan localidades como Juan Rodríguez, Antonio Rosales, El Mezquite, Úrsulo Galván, Maytorena y el ejido Empalme el Águila, por ser las que concentran una importante cantidad de viviendas precarias.

Dentro de la zona urbana resalta el sector Norte de la ciudad, compuesto por la colonia La Ladrillera y parte de la colonia Jordán, en esta zona la característica predominante de las viviendas es su precariedad, por lo que se le considera de vulnerabilidad alta ante sismos. A su vez, otro sector que también resalta por tener una alta vulnerabilidad ante sismos, es el sector poniente de la ciudad, conformado por las colonias Ronaldo Camacho y su Ampliación, Pesqueira, Pitic, Bella Vista y Bella Vista Norte.

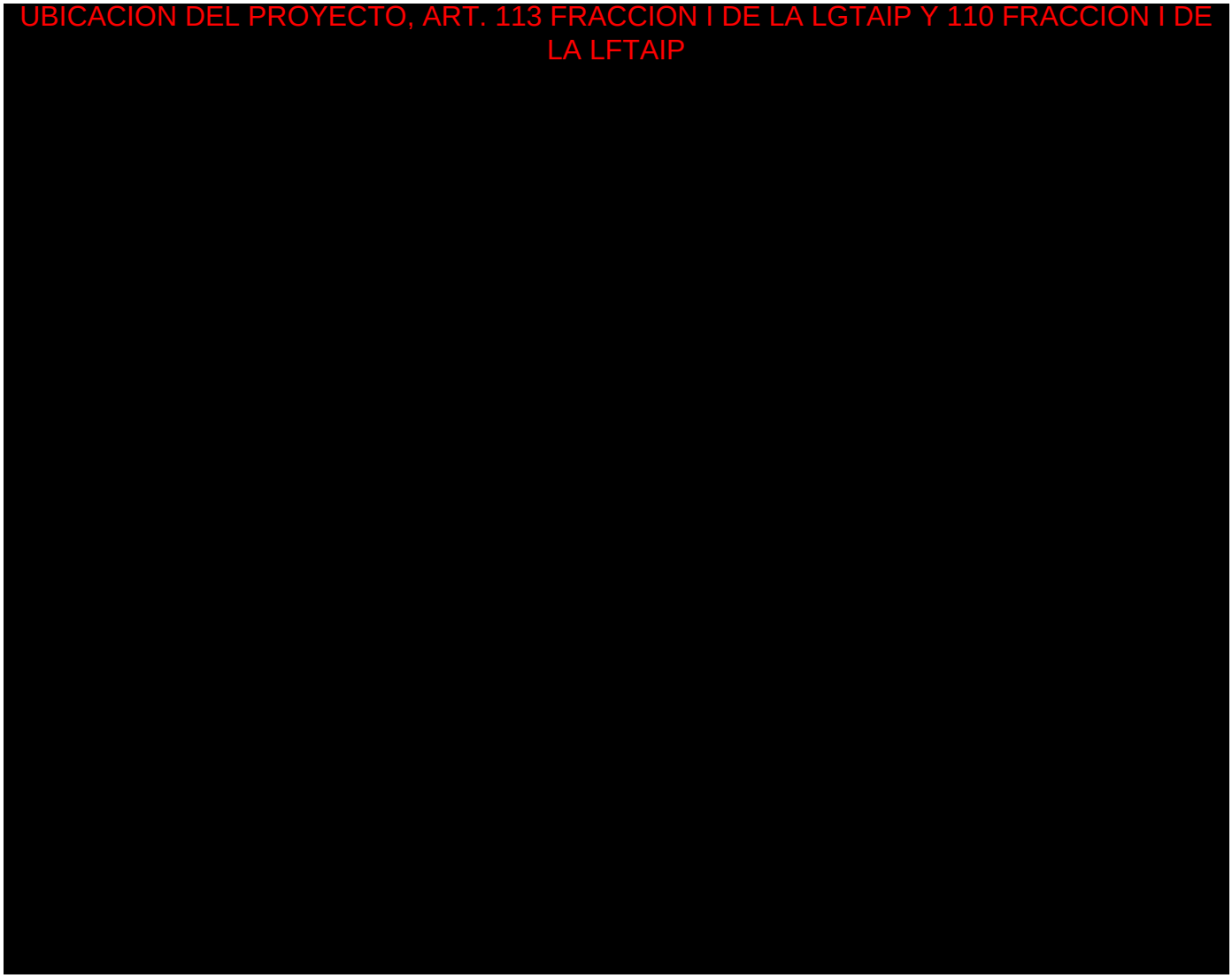
Posterior al análisis del peligro y la vulnerabilidad en el municipio, se identificaron las zonas de riesgo, valoradas a través del cruce de estas dos variables. Este análisis se enfocó a la ciudad de Empalme al ser ésta la localidad que concentró a la mayor población del municipio, así como por ser sede de las actividades económicas más importantes. Dentro de esta localidad urbana la mayor parte de las construcciones se califican con un riesgo BAJO ante fenómenos de este tipo, a excepción de la zona norte, conformado por la colonia La Ladrillera, en donde el riesgo por sismos es ALTO. De acuerdo a las

estadísticas censales, se estima que en este sector se concentra una población aproximada de 280 habitantes.

Otro sector que también presenta un riesgo ALTO es el del poniente de la ciudad, conformado por las colonias antes mencionadas: Ronaldo Camacho y su Ampliación, Pesqueira, Pitic, Bella Vista y Bella Vista Norte. Se calcula que la población que habita en esta zona asciende a un aproximado de 5,873 habitantes, los que equivalen al 13.80% de la población total de la ciudad. En total se calcula que aproximadamente 6,153 personas habitan en zonas de riesgo ALTO por sismos, las que son equivalentes al 14.47% de la población total de la ciudad.

Por último se identifica una zona al noreste de la mancha urbana conformado por parte de la colonia Jordán y su Ampliación, así como por la colonia el Sahuaral, sector que presenta un riesgo valorado como MEDIO, ya que cuenta con viviendas de baja calidad constructiva, aunque éstas no son tan precarias como las identificadas en las zonas calificadas como de riesgo alto. Se calcula que la población que habita en esta área se acerca a los 2,809 habitantes.

En cuanto al sitio donde se pretende realizar el proyecto, no se encuentra en los lugares antes mencionados, dejando al sitio fuera de los lugares con afectaciones, sin embargo es gran importancia tomar en cuenta la sismicidad ya que el municipio ha sufrido distintos sismos a lo largo del tiempo por lo que se cataloga en un riesgo que va de MEDIO a BAJO.



III.3.2. LICUACIÓN DE ARENAS.

Otro punto importante para considerar en cuanto a la presencia de Sismicidad es si se dan casos de presencia de Licuación de Arenas, ya que, debido a las características de ciertas áreas costeras, se identifican zonas propensas a presentar licuación de arenas, ya que son depósitos de arenas no consolidados y con niveles freáticos superficiales. Los sectores que tienen estas condiciones abarcan principalmente la península conocidas como el Morro Inglés, las dunas del estero el Cochorit, las zonas cercanas al puente Douglas y la zona de deltas de los arroyos que descargan en el Estero el Rancho.

Éstas son zonas de riesgo en caso de presentarse un sismo fuerte o ante un fenómeno hidrometeorológico o por erosión marina, sobre todo si se siguen modificando sus condiciones con la pérdida de manglar, la alteración de dunas y los impactos a la dinámica hidráulica del estero.

El sitio del proyecto no se encuentra específicamente dentro de los sitios susceptibles mencionados anteriormente para este fenómeno de proceso de licuación de arenas, sin embargo guarda una cercanía que va de entre los 7 a 10 km aproximadamente de las dunas del estero el Cochorit, las cuales están al Oeste del proyecto, por lo que es de gran importancia considerar para la realización del proyecto.

III.3.3. TSUNAMIS O MAREMOTOS.

La gran mayoría de los tsunamis tienen su origen en el contorno costero del Pacífico, es decir, en zonas de subducción. Se generan cuando se presenta un movimiento vertical del fondo marino ocasionado por un sismo de gran magnitud cuya profundidad sea menor que 60 km.

Los tsunamis se clasifican en Locales, cuando el sitio de arribo se encuentra dentro o muy cercano a la zona de generación; Regionales, cuando el litoral invadido está a no más de 1,000 km; y Lejanos, cuando se originan a más de 1,000 km. CENAPRED identifica las zonas que, con periodos de retorno muy variables, pueden estar sujetas a la influencia de olas de gran tamaño, ya sea como zonas generadoras de tsunamis locales y/o como receptora de tsunamis lejanos.

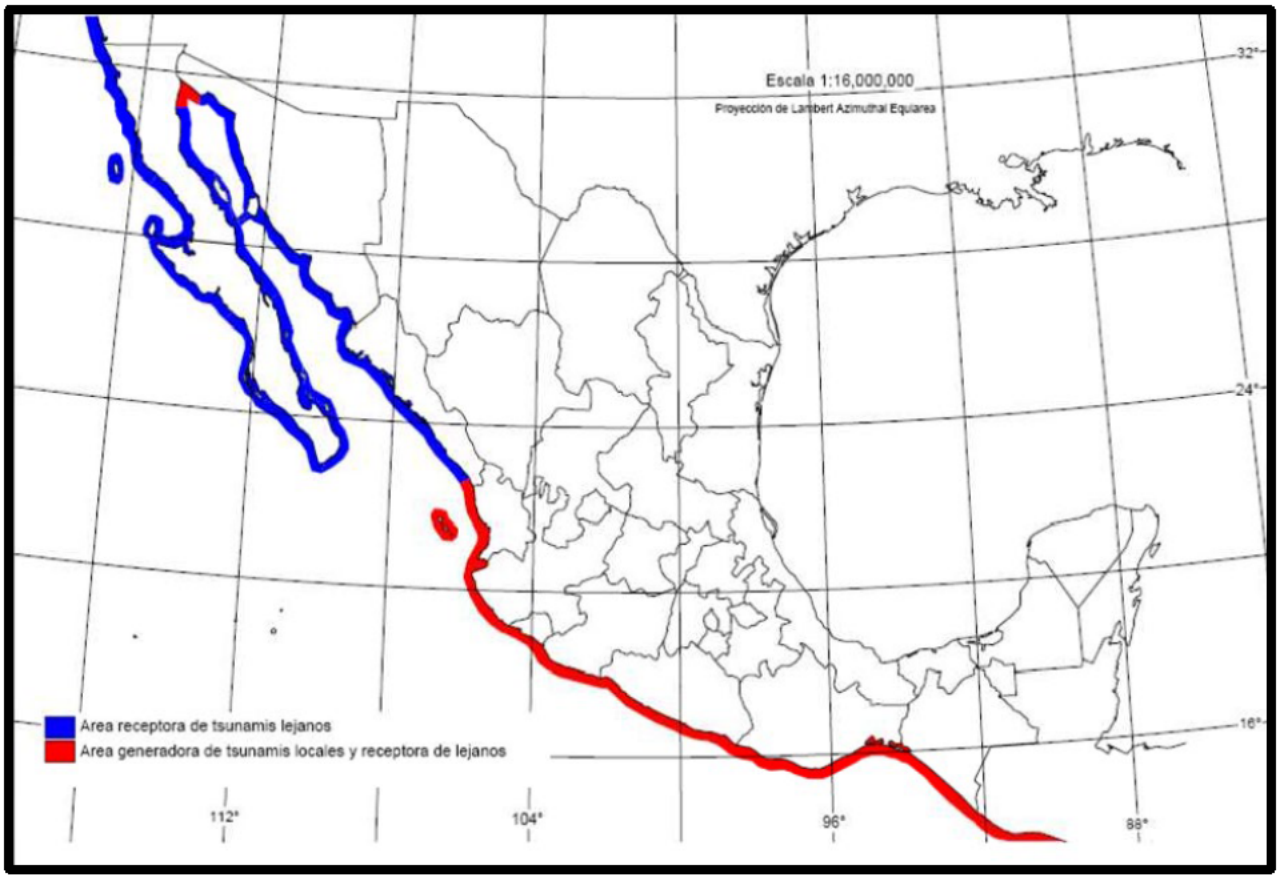


Figura III 8. Áreas receptoras de Tsunamis Locales y Lejanos.

De acuerdo a la **Figura III 8**, las costas de Sonora se encuentran en una zona receptora de tsunamis lejanos, en la que se considera una altura máxima probable de olas de 3 m, menor al resto de la costa occidental que es de hasta de 10 m.

Por otra parte, de acuerdo al Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, de 1732 a 1996, se han presentado en las costas de México un total de 48 tsunamis, de los cuales 33 han sido de origen local y 15 de origen lejano. De estos últimos, tres han impactado en las costas de la región.

Tabla III 6. Tsunamis de origen lejano, posteriores a 1950 en México.

Fecha.	Epicentro del Sismo (°N, °W)	Zona del Sismo	Magnitud del Sismo	Lugar de Registro del Tsunami	Altura máxima de olas (m)
9/03/1957	51.3° N. y 175° W.	I- Aleulianas	8.3	Ensenada, B.C. La Paz, B.C: Guaymas, Son. Mazatlán, Sin. Salina Cruz, Oax. Manzanillo, Col. Acapulco, Gro.	1.0 0.2 <0.1 0.2 0.4 0.6 0.6
22/05/1960	39.5° S. y 74.5° W.	Chile	8.5	Ensenada, B.C. La Paz, B.C. Guaymas, Son. Topolobampo, Son. Mazatlán, Sin. Acapulco, Gro. Salina Cruz, Oax.	2.5 1.5 0.6 0.2 1.1 1.9 1.6
28/03/1964	1.1° N. y 147.6° W.	Alaska	8.4	Ensenada, B.C. La Paz, B.C. Guaymas, Son. Mazatlán, Sin. Salina Cruz, Oax. Manzanillo, Col. Acapulco, Gro.	2.4 0.5 0.1 0.5 0.8 1.2 1.1

Según el CENAPRED, los maremotos de energía inicial extraordinaria pueden atravesar distancias enormes del Océano Pacífico hasta costas muy alejadas; como fue el caso de los originados en aguas de Chile en Mayo de 1960 y de Alaska en Marzo de 1964, que arribaron a los litorales de México, inclusive a las costas de Guaymas causando daños menores. Esta situación es de consideración, al contemplar que toda la costa del Pacífico Mexicano, así como del Golfo de California, y por consiguiente de Sonora, está expuesta al arribo de tsunamis de origen lejano.

Sin embargo, se estima que el riesgo de daños es menor, ya que ninguno de los tsunamis de origen lejano registrados u observado en las costas de México, tanto en fechas recientes como en remotas, ha tenido más de 2.5 metros de altura máxima de olas. A su vez, no se tiene registro del impacto de fenómenos de este tipo en las costas de Empalme, por lo que la probabilidad de ocurrencia es considerada como baja.

Para la identificación del peligro por Tsunami se establecieron tres franjas determinadas a partir de la probabilidad que tiene este fenómeno de presentarse, así como del nivel máximo esperado en caso de la llegada de un tsunami de origen lejano. De esta manera se estableció que la franja más próxima al mar, que abarca desde la cota 0 a 1 m.s.n.m., presenta un peligro ALTO, la franja que tiene una altura entre 1 y los 2 m.s.n.m. es de peligro MEDIO y la que se encuentra a una altura entre los 2 y 3 m.s.n.m. es de peligro BAJO.

En base a la información obtenida, se han identificado en el municipio dos zonas expuestas a este fenómeno:

- Bahía Exterior - El Cochórit
- Bahía de Empalme – Estero El Rancho
- Bahía Exterior – El Cochorit.

Esta zona es la que se encuentra más expuesta ante el arribo de tsunamis lejanos. En el área se identifica una localidad pesquera conocida como El Cochorit, la que se asienta en la costa a una altura inferior a los 2 m.s.n.m., por lo que se encuentra en el área de impacto en caso de la ocurrencia de un tsunami de origen lejano, calificada como de peligro ALTO. Actualmente en esta localidad se registra una población de 20 habitantes. En cuanto a la vulnerabilidad física de este asentamiento, se puede decir que es alta, ya que las viviendas ahí localizadas son en general precarias, como sucede en la mayoría de las comunidades pesqueras de la región.

La Bahía de Empalme – Estero El Rancho. Se considera que esta zona presenta menos probabilidad de ser afectada por un tsunami, ya que se encuentra protegida por la Barra del Morro Inglés y por la Isla Pájaros, elementos naturales que sirven como barreras en caso de la llegada de un fenómeno de este tipo.

La zona identificada como de peligro, por ubicarse por debajo de los 3 m.s.n.m., abarca parcialmente la zona oeste de la ciudad de Empalme. Entre las colonias que pueden verse afectadas en caso de la ocurrencia de un fenómeno de este tipo están: La Moderna, Pesqueira, Pitic, Bella Vista, Bella Vista Norte, parte de la colonia Ortiz Rubio, así como el parque Industrial Bella Vista y los Talleres de Ferromex. Se estima que la población asentada en este sector y que resultaría afectada asciende a un total de 12,202 habitantes.

De las colonias antes mencionadas, las que presentan la vulnerabilidad física más alta son las que se encuentran asentadas, sobre el límite del estero El Rancho, tal es el caso de las colonias Pesqueira, Pitic, Bella Vista y Bella Vista Norte. Se estima que la población que conforma esta zona en particular es igual a poco más de 2,900 habitantes.

Más hacia el Sur de la ciudad de Empalme, se identifica una localidad pesquera conocida como Venecia, la cual a pesar de que en el 2010 causó baja por no registrar ningún habitante, aún cuenta con infraestructura y embarcaciones empleadas para la pesca local, las que en general son precarias, haciendo que su vulnerabilidad física sea alta.

Respecto a la vulnerabilidad social, esta es considerada como media, ya que la población no tiene conciencia del peligro que representaría un fenómeno como este, ni tiene conocimiento de que hacer en caso de presentarse un tsunami.

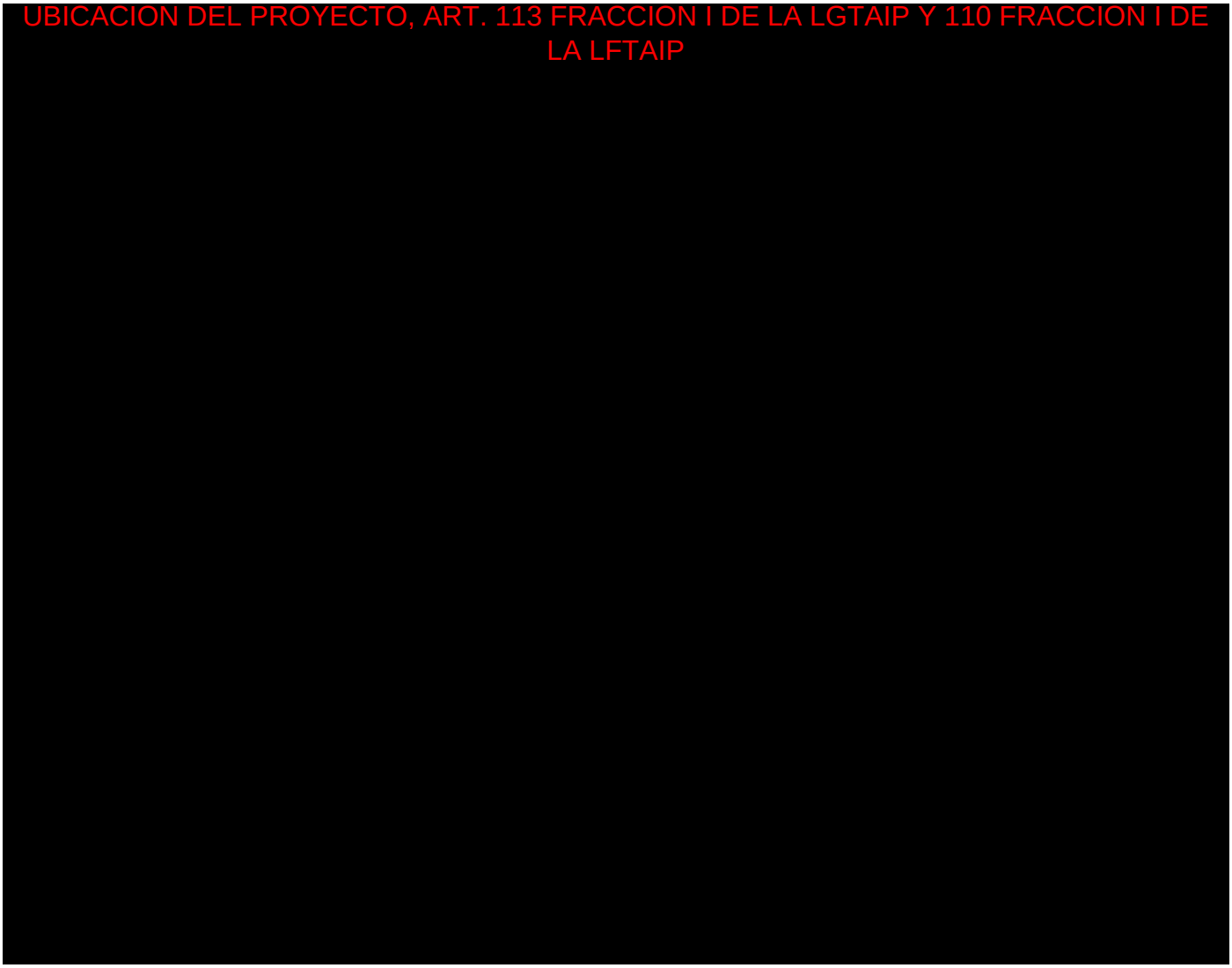
A partir de este análisis es posible identificar que la vulnerabilidad del municipio ante este tipo de fenómenos es media, lo que aunado al peligro bajo de ocurrencia nos genera un riesgo BAJO ante tsunamis o maremotos.

En la siguiente tabla se hace un recuento de la población, viviendas e infraestructura estratégica, de acuerdo al nivel de PELIGRO que presenta ante la llegada TSUNAMIS.

Tabla III 7. Población, Viviendas e infraestructura y áreas productivas estratégicas por nivel de Peligro por Tsunamis.

Intensidad	Población afectada (aprox.)		Viviendas Afectadas (aprox.)		Infraestructura y áreas productivas estratégicas
	Total	% Total	Total	% Total	
Alto	12, 202	28.70	3,289	24.25	• Parque industrial Bella Vista. • Laguna de Oxidación El Cochore • Muelles Pesqueros Bahía el Rancho. • Vías de Ferrocarril hacia el Norte y hacia el Sur. • Carretera Internacional F15 • Puente Douglas.
Medio	3,394	7.98	915	6.75	
Bajo	3,550	8.35	957	7.06	

En cuanto al sitio del proyecto se encuentra en la costa donde se encuentra la localidad pesquera conocida como El Cochorit, una altura inferior a los 2 m.s.n.m., aunque a una distancia aproximadamente de 6 kilómetros, dicha zona como se encuentra en el área de impacto en caso de la ocurrencia de un tsunami de origen lejano, calificada como de peligro ALTO. Por lo que se debe contemplar este aspecto de gran importancia para la realización del proyecto.



III.3.4. VULCANISMO.

El Municipio de Empalme, al igual que otros municipios ubicados en Baja California y en los estados costeros pertenecientes a la vertiente del Pacifico, es parte del Cinturón de Fuego del Pacifico, zona que se caracteriza por concentrar algunas de las áreas de subducción más importantes del mundo, causantes de una intensa actividad sísmica y volcánica en las regiones que abarca.

En la región de Guaymas - Empalme se encuentra estructuras geológicas de origen volcánico y afloramientos de rocas ígneas, evidencia de actividad volcánica que se remonta a eventos del cenozoico-cuaternario. Se ha mencionado la existencia en el territorio del Volcán Ochitahueca, presuntamente ubicado entre San Carlos Nuevo Guaymas y la calle 4 o carretera estatal 16 (Lucero Aja, Carlos 2010), como el generador de estas muestras de vulcanismo en la región, sin embargo, no hay evidencia física

de la existencia de tal volcán en esa zona, por lo que otros autores se inclinan a pensar que son resultado de la actividad de un volcán submarino.

En México gran parte del vulcanismo está relacionado con la zona de subducción formada por las placas de Rivera y Cocos con la gran placa Norteamericana y tiene su expresión volcánica en la Faja Volcánica Mexicana (FVM). Esta Faja es una elevación volcánica con orientación Este-Oeste, que se extiende por más de 1,200 km y su ancho varía de 20 a 150 km. La FVM, ubicada sobre el paralelo 19°, alberga a los principales volcanes activos del país. Su vulcanismo es extremadamente variado, desde actividad efusiva cuyos proDuctos más importantes son los derrames de lava, hasta erupciones altamente explosivas con predominio de depósitos piroclásticos tanto de flujo como de caída.

Por su ubicación en el Pacífico Norte Mexicano, Empalme no se encuentra en el área de influencia de la Faja Volcánica Mexicana, pero si hay volcanes en su entorno mesoregional, es decir en el área del Golfo de California, ubicados específicamente en la Península de Baja California, en las Islas del Golfo y uno en Sonora. Por su proximidad se destacan tres:

- El Pinacate ubicado al norte de Sonora (31.772°N,113.498°W), es clasificado como campo volcánico, con 1,200 m.s.n.m. de altitud. Su última erupción fue alrededor de 11,000 años, por lo que se considera de peligrosidad menor.
- Isla Tortuga ubicado en el Golfo de California, entre Santa Rosalía y Guaymas (27.44°N,111.978°W), es clasificado como Volcán en escudo, con 210 m.s.n.m. de altitud, que corresponde a la era geológica del holoceno. Se desconoce la fecha de su última erupción, aunque ha presentado actividad fumarólica en el tiempo histórico, aunque esta información está clasificada como "insuficiente". La probabilidad de que un volcán de este tipo se reactive de manera abrupta e inicie su actividad con erupciones intensas sin una evolución previa es virtualmente nula.
- El Volcán Tres Vírgenes ubicado en Baja California, al Norte de Santa Rosalía (27.44°N 112.59°W), es clasificado como estratovolcán, con una altura de 1,940 m.s.n.m. La última fecha de erupción se tiene registrada en el año de 1746, aunque existen versiones divergentes al respecto. Sin embargo CENAPRED lo ha catalogado como activo, de alta peligrosidad y de categoría 1.

De acuerdo a CENAPRED, de los tres anteriores, solo el Volcán o conjunto volcánico de Tres Vírgenes, puede representar un peligro. Se clasifica como Categoria 1, es decir se encuentra entre los volcanes que se consideran de peligro alto, que han producido erupciones con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI por sus siglas en inglés) igual o mayor a 3 con un tiempo medio de recurrencia de 500 años o menos, o que hayan producido al menos una erupción con VEI 3 o mayor en los últimos 500 años.

En realidad, Tres Vírgenes es un complejo de volcanes ubicado en el municipio de Mulegé en Baja California Sur. Este complejo se compone por tres volcanes alineados de noreste a suroeste, el más antiguo es conocido como el Viejo, el Azufre se ubica en el medio y el Virgen, ubicado en el extremo suroeste, es el más reciente. Este último es el más sobresaliente de los tres, por lo que le da el nombre al complejo conocido como "Las Tres Vírgenes".

El último volcán de este complejo que ha hecho erupción es El Virgen, evento del que se tiene referencia en un mapa dibujado por un misionero Jesuita (Ferdinand Konscak) y que data dicha actividad en el año 1746. Sin embargo la información radiométrica no concuerda con esta fecha, ya que contempla como la última erupción hace 6,515 años.

En otros medios y entre la población local se ha circulado la versión de que la fecha más reciente de erupción es el 6 de julio de 2001, sin que haya una versión oficial que confirme este dato. También se presentó un evento que se difundió en julio de 2011 sobre presencia de fumarolas en el volcán, versión que después fue desmentida al comprobarse que era el humo de un incendio forestal provocado por un rayo.

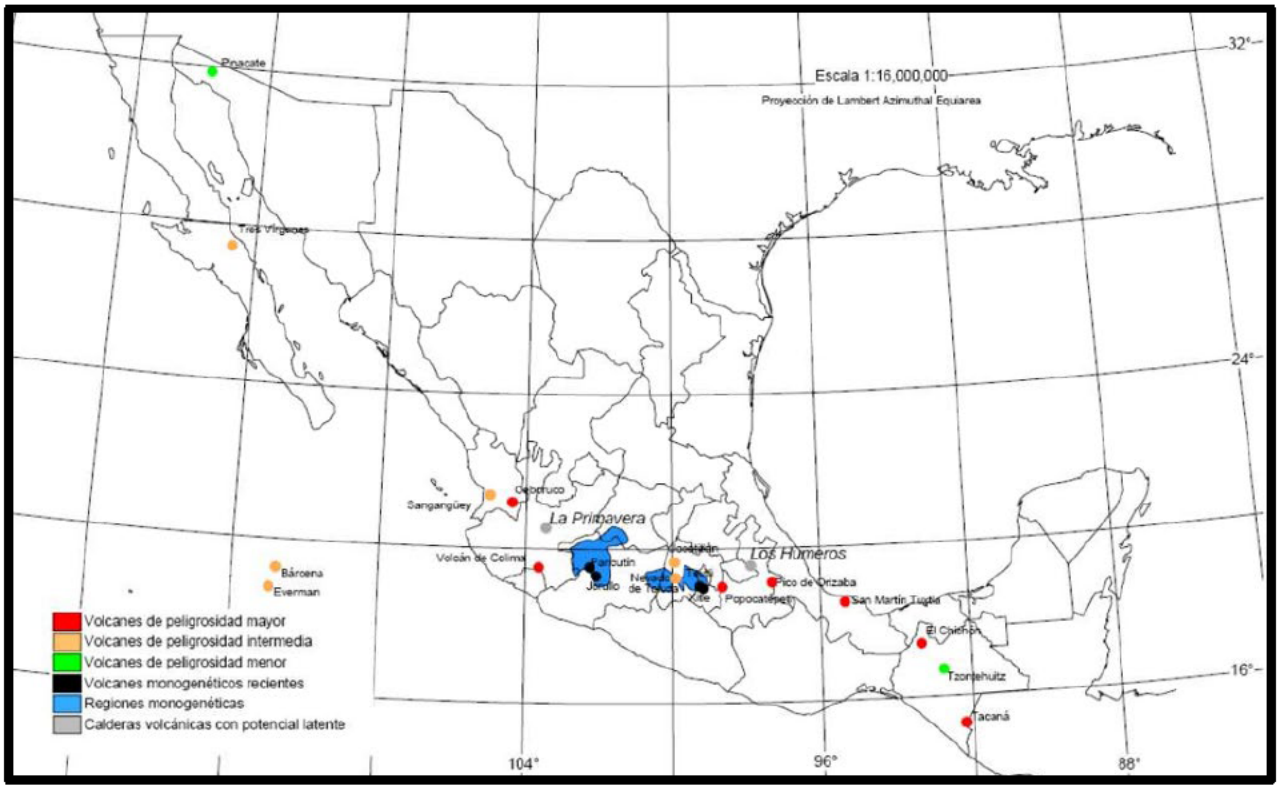


Figura III 10. Vulcanismo activo, calderas y regiones monogenéticas.

Independientemente de las versiones sobre su última erupción, CENAPRED lo considera activo y peligroso, por lo es relevante analizar los posibles efectos sobre el área de estudio.

Los Volcanes del complejo Tres Vírgenes se encuentran relativamente cerca de las costas de Sonora, a aproximadamente unos 185 kilómetros de la cabecera municipal de Empalme, separados entre sí por el Golfo de California o Mar de Cortés, así como por las elevaciones de la cordillera del Cerro de Santa María y La Reforma, de una altura de 1,200 m.s.n.m.

En consideración a lo anterior y a lo establecido en las Guías Básicas para la elaboración de Atlas estatales y Municipales de Riesgos y específicamente de Peligros Geológicos, se realizó la siguiente evaluación de los peligros volcánicos que el complejo Las Tres Vírgenes, representa para el municipio de Empalme.

Tabla III 8. Evaluación de los peligros volcánicos Las Tres Vírgenes.

Peligros	Distancias hasta las que se han experimentado efectos.		Probabilidad de afectación	Descripción
	Promedio (kms)	Máxima (kms)		
Caída de Ceniza (tefra)	20 – 30	>800	Probable	Se encuentra fuera del área promedio de afectación, pero dentro de la máxima. Depende mucho de las condiciones atmosféricas, principalmente los vientos.
Proyectiles balísticos	2	15	Nula	Excede por mucho la distancia máxima
Flujos Piroclásticos y Derrumbes o Avalanchas	10	100	Nula	Excede la distancia máxima, la topografía y el mar de Cortés son barreras naturales.
Lahares	10	300	Nula	Excede la distancia promedio, aunque dentro de la máxima, sin embargo la topografía y el mar de Cortés son barreras naturales que nulifican la probabilidad de afectación
Flujos de Lava	3 – 4	>100	Nula	Excede la distancia máxima, la topografía y el mar de Cortés son barreras naturales.
Lluvia Acida y Gases	20 – 30	>2000	Probable	Se encuentra fuera del área promedio de afectación, pero dentro de la máxima. Depende mucho de las condiciones atmosféricas, principalmente de los vientos.
Ondas de Choque	10 – 15	>800	Poco Probable	Se encuentra fuera del área promedio de afectación, pero dentro de la máxima. Las elevaciones cercanas pueden amortiguar el efecto, pero el mar de Cortés no representa ninguna barrera. Sus efectos disminuyen con la distancia, depende de las condiciones de presión atmosférica.
Rayos	10	>100	Nula	Excede la distancia máxima.

Las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas y por lo tanto a un gran número de personas. Pueden alcanzar distancias de hasta 800 kilómetros del volcán que las originó, por lo tanto constituye el peligro volcánico de mayor alcance derivado de una erupción y el que pudiera afectar a la totalidad del municipio de Empalme en caso de que se presentara una erupción en el Volcán de Las Tres Vírgenes.

Las cenizas pueden provocar algunos efectos nocivos para la salud de personas y animales, además obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria. Las cenizas se amontonan en carreteras y vías férreas obstruyendo el paso y en ocasiones generando accidentes ya que pueden llegar a ser resbaladizas. También se acumula en techos, llegando en ocasiones a provocar su colapso. Asimismo, una nube volcánica que se desplaza representa un gran peligro para las aeronaves cercanas y distantes.

Ante la probabilidad de ocurrencia de dispersión de cenizas en el municipio de Empalme por una posible erupción del volcán Las Tres Vírgenes, se procedió a realizar simulaciones de comportamiento de la nube de ceniza, su transportación y dispersión, para lo cual se uso el Simulador HYSPLIT Model del Air Resurse Laboratory de la Administración Nacional de Océanos y Atmósfera de Estados Unidos (NOAA por sus siglas en Inglés), el que considera las condiciones atmosféricas de acuerdo con su base de datos.

Se realizó una simulación para cada día 15 de cada mes durante una año (2011), para una erupción de 3,000 metros con una hora de duración, con lo que se pudo visualizar los diferentes recorridos y modelos de dispersión a lo largo del año.

Los resultados obtenidos por el modelo de dispersión indican que la probabilidad de afectación el territorio de Empalme la mayor parte el año es muy baja, sólo 4 meses de primavera y verano (abril y mayo, agosto y septiembre) presentaron las condiciones para llevar la nube de ceniza hasta la ciudad de Empalme, afectándola directamente.

En base al análisis anterior, se determinaron zonas de peligro por la llegada de cenizas volcánicas al municipio, generadas a partir de radios a cada 100 km del complejo volcánico Tres Vírgenes. Debido a la ubicación del municipio de Empalme, éste es incidido por dos franjas, diferenciadas por dos niveles de peligro: MEDIO y BAJO.

El sector que presenta un peligro MEDIO por la llegada de cenizas, representa la franja del territorio municipal que se encuentra a una distancia de entre 100 y 200 km del volcán, esta zona se extiende por todo el sur, centro y noroeste del territorio. Entre las localidades que se encuentran afectadas por este nivel de peligro están: la ciudad de Empalme, el ejido Empalme El Águila, San Fernando de Guaymas, Cruz de Piedra, La Palma, Mi Patria es Primero, Úrsulo Galván, La Atravesada y Santa María de Guaymas. En conjunto estas localidades concentran al 95.7% de la población municipal, equivalentes a 51,784 habitantes.

El resto del municipio presenta un peligro BAJO por llegada de ceniza y corresponde a la franja que se encuentra a una lejanía de entre 200 a 300 km del volcán. Esta franja se extiende sobre el noreste del área de estudio y abarca a las localidades rurales de Juan Rodríguez, Antonio Rosales y el Mezquite, área en donde se registra una población de cerca de 1,821 habitantes, equivalentes al 4.36% de la población municipal.

La vulnerabilidad ante una fenómeno de erupción volcánica, por dispersión de cenizas se manifiesta en los campos de cultivo, los que pueden verse afectados por el fenómeno, así como las área urbanas con presencia de vivienda precaria, sobre todo con techos de lámina de cartón. En base a esto se identificaron dos sectores con las colonias físicamente más vulnerables de la ciudad de Empalme, las que corresponden a las colonias: La Ladrillera, al norte de la ciudad, y a la Ronaldo Camacho Durán y su Ampliación, Pesqueira, Bella Vista y Bella Vista Norte en el sector poniente. En conjunto se estima que estos sectores suman una población de 6,153 habitantes. Sin embargo, se desconoce la cifra exacta de

esta población que habita en viviendas con techos de lámina, cartón o materiales ligeros que pudieran verse afectados por la acumulación de ceniza.

La vulnerabilidad social en este tema es alta, ya que hay un desconocimiento generalizado del peligro, tanto entre los habitantes del municipio como de las autoridades.

En resumen, el peligro por vulcanismo es BAJO, al considerar que el territorio municipal únicamente podría verse afectado por la llegada de ceniza en caso de una erupción, peligro que a su vez es considerado como MEDIO en la mayor parte del territorio. Por su parte, la vulnerabilidad física y social en promedio es MEDIA lo que hace concluir que el riesgo ante vulcanismo en el municipio de Empalme resulta ser BAJO.

A continuación se muestra un recuento de la población y viviendas dependiendo del nivel de PELIGRO por la LLEGADA DE CENIZAS en la que se encuentra, así como la infraestructura estratégica y zonas productivas que resultarían afectadas en caso de presentarse un evento de este tipo.

Referente al sitio del proyecto, como se menciona anteriormente representa un riesgo ALTO por encontrarse a una distancia entre los 100 y 200 metros, sin embargo todo el municipio de empalme se cataloga en un riesgo BAJO en cuanto al fenómeno de lluvia de cenizas, si es que se llegara a presentar una erupción en el volcán Tres Vírgenes lo cual se tiene categorizado como PROBABLE, ya que ese fenómeno seria lo que podría afectar de acuerdo a la distancia en que se encuentra el volcán

III.3.5. CORRIMIENTOS DE TIERRA.

Deslizamientos.

En el municipio de Empalme, se identifican algunas elevaciones que por sus características, principalmente pedregosas, presentan deslizamientos, tanto de rocas como de material de arrastre. Tal es el caso de los cerros Cruz de Piedra y Boca abierta, ubicados al Sureste del territorio; así como los cerros Batamoral, La Cruz, Piedra Volada y Puerto Grande, localizados al norte de la ciudad de Empalme.

En general el tipo de deslizamiento que se presenta en estas elevaciones genera lo que se denomina como "Caídos o derrumbes", caracterizados por movimientos abruptos de suelo y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados.

De todas estas elevaciones con propensión a sufrir deslizamientos de este tipo, las de mayor consideración son las que se encuentran ubicadas al norte de la ciudad de Empalme, ya que algunas de éstas, como es el caso del cerro La Cruz y Batamotal, se encuentran rodeadas de asentamientos humanos. Entre las zonas consideradas como de peligro se identifican los límites colindantes a cerros de las colonias La Ladrillera, Moderna Norte, Jordán y Juárez.

Cabe señalar que las elevaciones ubicadas en esta zona no presentan masas rocosas de gran volumen, ni tampoco una pendiente pronunciada, lo cual reduce la probabilidad de que un movimiento de material en estas elevaciones pueda afectar a las viviendas asentadas en los alrededores. A su vez, no se encontraron antecedentes de que hayan ocurrido eventos de este tipo.

El peligro de presentarse deslizamientos se incrementa en épocas de lluvias intensas, lo que sumado a otros factores como sismos, erosión de laderas, así como la pérdida de vegetación, hace que se

incremente la probabilidad de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Para ello se delimitaron las zonas graduadas de acuerdo al peligro que presentan, siendo únicamente las de nivel de peligro BAJO y MEDIO las que cuentan con edificaciones.

Durante el recorrido de campo, se verificó que el material que se desprende y que es arrastrado pendiente abajo por los escurrimientos de las lluvias es, en la mayor parte, de dimensiones pequeñas por lo que representa un peligro bajo. A su vez, las viviendas en su mayoría no se encuentran asentadas sobre las laderas, sino al pie de los cerros, por lo que su estabilidad no se encuentra comprometida, ya que no están en zonas susceptibles a deslizarse. El riesgo que más bien corren es al recibir el impacto del material en caso de un deslizamiento, causando daños parciales en muros o techos.

Únicamente, en una porción del flanco este, al norte de esta elevación, así como en la parte norte de la colonia Juárez y Moderna Norte, se detectaron sectores que han presentado deslizamientos que han generado movimientos de rocas de tamaño considerable.

En cuanto a la vulnerabilidad física de las construcciones que se encuentran asentadas en zonas de peligro por deslizamiento, ésta es ALTA, ya que se caracterizan por ser viviendas precarias, que emplean materiales de baja calidad y que carecen de criterios estructurales.

Posterior al análisis de peligro y vulnerabilidad, se identificaron las zonas de riesgo por deslizamientos en la ciudad de Empalme, las que resultaron del cruce de estas dos variables, obteniendo 5 niveles: MUY ALTO, ALTO, MEDIO, BAJO y MUY BAJO. Cabe señalar que los sectores que presentaron niveles de riesgo MUY ALTO y MUY BAJO fueron muy poco significativos.

Destacando en importancia, se tiene un área calificada como de peligro ALTO, la cual corresponde a las viviendas de la colonia La Ladrillera que se encuentran asentadas al pie del cerro La Cruz, otra zona que también presenta este nivel de riesgo forma parte de la colonia Juárez. En conjunto estos dos sectores concentran una población aproximada de 614 habitantes, los que representan el 1.44% de la población total de la ciudad.

Un segundo sector es el que presenta un riesgo MEDIO por deslizamientos, conformado por la segunda franja de viviendas que se encuentra al pie de los cerros antes mencionadas y que pertenecen a las colonias La Ladrillera, Ampliación Jordán y Juárez. Se calcula que la población que habita en esta zona asciende a cerca de 424 habitantes, equivalentes a menos del 1% de la población total. Por último se tiene un sector mucho más amplio que presenta un peligro BAJO por deslizamiento y que también se compone por viviendas pertenecientes a las colonias Jordán, Ampliación Jordán, y Juárez. En esta última zona se estima que se concentran aproximadamente 1,990 habitantes, iguales al 4.70% de la población total.

Más al norte de la ciudad de Empalme, se identifican los Cerros Piedra Volada y Puerto Grande, los cuales también representan un peligro por deslizamientos, que pueden llegar a afectar la infraestructura carretera y ferroviaria que se encuentra en este sector. Este último punto es de consideración, ya que en esta ruta circulan ferrocarriles cargados con material peligroso, lo que agravaría y aumentaría el peligro en caso de que éstos se vieran afectados en su paso por deslizamientos de rocas.

En cuanto a la vulnerabilidad social, ésta es baja, ya que la población está consciente del peligro que representa el deslizamiento de rocas, así como los daños que pueden causar. En algunos casos, la población ha tomado medidas de prevención apuntalado piedras sueltas, o bien construyendo barreras para frenar el arrastre de material de las laderas de los cerros.

En cuanto al sitio del proyecto se encuentra fuera de este peligro ya que principalmente se ubican hacia la parte Noroeste, Norte y Noreste, donde se encuentran las zonas más elevadas del municipio.

Flujos.

Debido a las características geomorfológicas del territorio, el municipio de Empalme no presenta zonas propensas a la ocurrencia de flujos. A pesar de que se identifican suelos con materiales inestables en laderas de cerros, la baja capacidad de retención de agua que éstos tienen, hace que no se de saturación del suelo y por consiguiente evita la ocurrencia de flujos de material.

De acuerdo con información proporcionada por las autoridades municipales no se tiene registro de que se haya presentado este fenómeno en el municipio, lo que fue corroborado en recorridos de campo y entrevistas realizadas a la población de los diversos sectores y localidades del municipio.

En cuanto al sitio del proyecto se encuentra fuera de este peligro ya que no se tienen registros de este fenómeno para el municipio de Empalme.

III.3.6. DERRUMBES Y/O HUNDIMIENTOS.

Derrumbes.

El tema de derrumbes se encuentra muy ligado al de deslizamientos, inclusive se considera que el derrumbe de rocas es un tipo de deslizamiento también conocido como "caídos", que se define como el movimiento abrupto de suelo y fragmentos aislados de rocas que se originan con pendientes muy fuertes y acantilados.

Debido a esto, todas las áreas consideradas como de peligro por deslizamiento, son también consideradas de peligro por derrumbe de rocas, áreas que se encuentran conformadas por las edificaciones que están asentadas al pie de los cerros La Cruz y Batamotal y que pertenecen principalmente a las colonias La Ladrillera, Ampliación Jordán, Jordán y Juárez. Se estima que cerca de 3,020 habitantes se encuentran asentados en estas zonas clasificadas como de peligro por derrumbes.

Como se mencionó anteriormente, la vulnerabilidad física de las construcciones que se encuentran en zonas de peligro es ALTA, debido a que la mayoría son precarias, emplean materiales de baja calidad o no cuentan con criterios estructurales apropiados.

Actualmente no se tiene registro de derrumbes de rocas que haya dañado viviendas o afectado a la población, sin embargo, en recorridos de campo se pudo verificar la presencia de rocas de tamaño considerable, algunas hasta de medio metro de diámetro, las que se han desprendido de las partes altas de los cerros y han rodado hasta caer en las zonas de viviendas al pie de estas elevaciones. Este peligro al combinarse con la precariedad de las viviendas generan riesgos que van desde bajo, medio y alto en algunos sectores.

Destacando en importancia, se tiene un área calificada como de peligro ALTO, correspondiente a las viviendas de la colonia La Ladrillera que se encuentran asentadas al pie del cerro La Cruz, otra zona que también presenta este nivel de riesgo forma parte de la colonia Juárez. En conjunto estos dos sectores de riesgo concentran una población aproximada de 614 habitantes, los que representan el 1.44% de la población total de la ciudad.

Un segundo sector es el que presenta un riesgo MEDIO por derrumbes, conformado por la segunda franja de viviendas que se encuentra al pie de los cerros antes mencionadas y que pertenecen a las colonias La Ladrillera, Ampliación Jordán y Juárez. Se calcula que la población que habita en esta zona asciende a cerca de 424 habitantes, equivalentes a menos del 1% de la población total. Por último se tiene un sector mucho más amplio que presenta un peligro BAJO por derrumbes y que también se compone por viviendas pertenecientes a las colonias Jordán, Ampliación Jordán, y Juárez. En esta última zona se estima que se concentran aproximadamente 1,990 habitantes, iguales al 4.70% del total.

Otra zona que también registra derrumbe de rocas, es la carretera federal 15 a la altura del cerro piedra volada, en esta área se realizó un corte de terreno para la construcción de la carretera, lo cual ha dejado expuesta una pared de rocas, que en épocas de lluvia ha generado desprendimientos, sin reportarse mayores afectaciones o daños en la infraestructura carretera o en algún transporte.

Por esta misma zona también pasan las vías del ferrocarril, las que pudieran verse afectadas en caso de del derrumbe de rocas del cerro Piedra Volada, elevación emblemática y destacada precisamente por exponer una roca de gran tamaño en una posición de aparente equilibrio, la que representa un riesgo en caso de derrumbarse sobre las vías del tren y mucho más grave aún, al afectar algún ferrocarril con carga peligrosa en tránsito por esta ruta.

Al igual que en el tema de deslizamientos, la vulnerabilidad social en cuanto al derrumbe es baja, los habitantes se encuentra al tanto del peligro que representa el colapso o caída de rocas de los cerros. La población asentada en las zonas de riesgo, se encuentra alerta ante la posible ocurrencia de un fenómeno de este tipo, e incluso ha tomado medidas de prevención, como es el apuntalamiento de rocas de gran tamaño, o bien la construcción de barreras para frenar el arrastre de piedras sueltas.

En cuanto al sitio del proyecto se encuentra fuera de este peligro ya que al igual que para deslizamientos, las zonas vulnerables para derrumbes, principalmente se ubican hacia la parte Noroeste, Norte y Noreste, donde se encuentran las zonas más elevadas del municipio.

Hundimientos.

De acuerdo al Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, ni Sonora, y por consiguiente ni el municipio de Empalme se encuentran en una zona susceptible a hundimientos y deslizamientos.

A su vez, según información de la Unidad de Protección Civil de Empalme, en el municipio no se registra evidencia histórica ni reciente que demuestre la presencia de este fenómeno. A fin de descartar la posibilidad de ocurrencia de hundimientos se realizaron las siguientes verificaciones:

- Búsqueda de material documental en medios impresos locales sobre el registro de hundimientos en el municipio de Empalme, resultando negativo.
- Pregunta a vecinos de la ciudad y localidades rurales sobre el conocimiento de presencia de hundimientos en la región, resultando negativo.
- Búsqueda de la presencia de minas y excavaciones subterráneas, resultando negativo.
- Identificación de zonas calcáreas con posibilidad de formar grutas subterráneas, tras lo que se concluyó la nula presencia de este material.
- Identificación de antiguos rellenos sanitarios o basureros no compactados, lográndose la ubicación de uno en operación en el ejido Maytorena, a 2.5 Km. de la localidad que lleva el mismo nombre y a 11 Km. de la cabecera municipal. También se identificó un antiguo "basurón" ubicado al norte del estero el Rancho.

- Identificación de terraplenes y rellenos, detectándose la presencia de uno en el extremo del puente Douglas, resultado del material dragado del estero, el cual se aprecia no consolidado. Actualmente se tiene planteado la ubicación de equipamientos y espacios públicos en esta zona.

Se concluye que los hundimientos en el municipio de Empalme son un peligro MUY BAJO, localizándose puntos en donde pudiera incrementar la probabilidad de ocurrencia, sin que esto represente actualmente una amenaza a los asentamientos humanos existentes.

En cuanto al sitio del proyecto se encuentra fuera de este peligro ya que no se tienen registros sin embargo se recomienda que se considere este aspecto durante la realización del proyecto.

III.3.7. INUNDACIONES.

De acuerdo a la delimitación de zonas de inundación de CENAPRED, se puede identificar que el municipio de Empalme se encuentra en una zona con peligro Alto de inundación.

Entre los aspectos que generan que el municipio de Empalme sea propenso a inundarse, está su ubicación geográfica y geomorfología. Sobre el valle aluvial en el que se asienta, fluyen varios arroyos pertenecientes a la cuenca del Río Mátape; además se ubica en una zona costera caracterizada por su topografía sensiblemente plana, colindante a un estero en el que confluyen varios arroyos.

En el valle de Empalme, entre los factores que provocan la inundación de las áreas rurales, están las lluvias intensas, el desbordamiento de ríos, la rotura de bordos, diques, presas, o bien la descarga de agua de los embalses, incluso en las partes altas del valle, territorios pertenecientes al municipio de Guaymas.

Son dos planicies de inundación que se consideran en este análisis por ser las que ponen en riesgo al mayor número de población. La primera corresponde a la del río Mátape-Empalme, la cual escurre por la parte Oeste del valle de este municipio; la segunda es la del valle de San José, ubicada en el municipio de Guaymas, pero que se incluye en el análisis por desembocar en el estero El Rancho, colindante a la ciudad de Empalme y porque en fechas anteriores a aumentado su nivel a causa de dichos escurrimientos y provocado inundaciones principalmente en el sector poniente de esta ciudad.

- MÁTAPE-EMPALME. Esta zona o planicie de inundación es la más importante que se tiene en el territorio municipal, en ella confluyen varios escurrimientos provenientes del norte del valle, de la presa Punta de Agua en Guaymas y de la sierra La Ventana-Santa Úrsula. El escurrimiento más importante de esta subcuenca hídrica es Arroyo conocido como Los Cuates, el que presenta una de las cuencas más extensas de la zona que conforman los municipios de Guaymas y Empalme, con una extensión de 2,796 km² sin incluir el área tributaria de la presa "Punta de Agua" y una longitud del cauce de 129 kilómetros. La cuenca inicia al norte de la carretera Hermosillo–La Colorada en las inmediaciones del poblado de este nombre.

La mayor parte de la cuenca está constituida por formaciones rocosas intrusivas mismas que presentan coeficientes de escurrimiento de moderados a altos siendo influidos por la escasa vegetación de la zona. La pendiente promedio del cauce es de 3.55 al millar teniendo tiempos de concentración relativamente largos, del orden de los 1,472 minutos en su salida al mar.

Dentro de la cuenca de este arroyo se encuentran el bordo de Ortiz, perteneciente al municipio de Guaymas, mismo que históricamente ya ha producido inundaciones por su falla y la presa "Punta de Agua", misma que posee un área tributaria de 3.122 km² adicionales.

El área de esta planicie que presenta un peligro ALTO corresponde al cauce principal de este escurrimiento, el cual a su paso afecta a la localidad rural de Maytorena, que se encuentra entre el cauce principal de este arroyo y la vía del ferrocarril y que ha sido escenario de inundaciones.

El área de este cauce que presenta un peligro MEDIO abarca una extensión más amplia que la anterior, por lo que afecta a varias localidades rurales, como es el caso de La Atravesada, La Palma, San Fernando de Guaymas, Cruz de Piedra, ejido Empalme El Águila y a la totalidad de la ciudad de Empalme.

Hacia el Sur, este escurrimiento se perfila a desembocar en el estero el Rancho pasando al poniente del cerro Batamotal y La Cruz. Cabe señalar que este arroyo es muy susceptible a lluvias de larga duración, lo que pone en peligro a la colonia Ronaldo Camacho y su ampliación, área en donde se registra una población aproximada de 2,906 habitantes que a su vez presentan una vulnerabilidad física alta, debido a la precariedad de las viviendas. Aunque el cauce principal se desvía hacia el poniente antes de ingresar a Empalme, al cruzar las vías del ferrocarril, es posible que en grandes avenidas los puentes no tengan la capacidad necesaria para desalojar los escurrimientos.

Una de las zonas afectadas por un nivel de peligro MEDIO es el ejido San Fernando, ubicado sobre la carretera a Ortiz que entronca desde el tramo Ciudad Obregón-Guaymas de la carretera federal México 15, a 2.5 km de esta. Según reportes de los habitantes de la comunidad se han producido inundaciones en el poblado a pesar de que no se encuentra cercano a ningún cauce principal de arroyo.

Como se mencionó anteriormente, los arroyos de esta zona se encuentran confinados por varios bordos de protección, entre los que destacan los que se observan en la fotografía de satélite inferior. Una gran cantidad de cauces de arroyos se encuentran nivelados para ser convertidos en tierras de cultivo por lo cual no existe un patrón definido de escurrimientos en el lugar. El poblado de San Fernando se encuentra, de hecho, casi sobre el parteaguas entre dos arroyos de la zona.

Las causas aparentes de las inundaciones que pueda sufrir el poblado se deben más a la falta de desagües en la carretera a Ortiz, según se aprecia en la fotografía inferior, donde los escurrimientos del arroyo a la izquierda del poblado se encuentran cortados por el bordo de la carretera.

De hecho, la carretera es usada por los pobladores del lugar como bordo para retención de agua, el que es complementado con otro en el lindero norte del poblado, como se aprecia en la fotografía inferior.

La existencia de tantos bordos sobreponiéndose en los cauces de los arroyos crea una condición inestable en el riesgo por inundaciones, ya que la obra puede proteger a una zona o la puede inundar catastróficamente en caso del fallo de uno o varios bordos en cadena.

- SAN JOSÉ. Esta planicie de inundación se ubica en el valle de San José en el municipio de Guaymas y concentra el escurrimiento de varios arroyos importantes como es el caso del arroyo San Vicente, El Tigre, Nochebuena y San José. Esta planicie desciende de este valle, casi de forma paralela a la carretera federal 15, hasta cruzar su libramiento y desembocar en el estero El Rancho.

El arroyo San José es el escurrimiento con el área tributaria más grande en la zona del municipio de Guaymas. Su cuenca se extiende por 760.38 km2 hasta poco más allá del entronque con la carretera a Bahía de Kino, desde donde avanza serpenteando casi paralelo a la carretera internacional México 15 con una longitud del cauce principal de 59.54 km con una pendiente promedio de 8.112 al millar. Su tiempo de concentración de 586 minutos lo hace susceptible solo a lluvias de muy larga duración que suelen estar asociadas a bajas intensidades.

Este escurrimiento es incluido en el análisis del municipio de Empalme, ya que en épocas de intensas lluvias este arroyo ha generado un aumento en el nivel del estero el Rancho, en donde desemboca, lo que ha provocado inundaciones en las colonias de la ciudad de Empalme colindantes a éste, como es el caso de Bella Vista, Bella Vista Norte, Pitic y en menor medida a la Ronaldo Camacho y su ampliación. Se estima que la población asentada en esta zona de peligro ALTO asciende a poco más de 2,900 habitantes, los que a su vez presentan una vulnerabilidad física alta, debido a la precariedad que caracteriza a las construcciones de este sector.

Durante las lluvias del huracán "Jimena" se dieron las peores condiciones para el escurrimiento de este arroyo, al llover de manera ininterrumpida por más de 24 horas con grandes intensidades. Si bien esta clase de lluvias está más allá del período de retorno de diseño de la mayoría de las obras de defensa, si constituye una referencia del poder destructivo de este escurrimiento.

Actualmente esta subcuenca no cuenta con ninguna obra de control, aspecto que repercute directamente al momento de desembocar en el estero el Rancho, afectando a las colonias asentadas en su costa.

Por otra parte, la zona urbana del municipio se ve afectada principalmente por el asenso del nivel del mar, en las colonias próximas al estero el Rancho, así como por las modificaciones realizadas por el hombre en la configuración del suelo y de los escurrimientos naturales del terreno. A continuación se presenta un análisis de los escurrimientos que generan inundaciones en las áreas urbanas, los que se abordan en los siguientes sectores:

- Primer Bordo
- Segundo Bordo
- Colonia Bella Vista

Primer Bordo.

Con la finalidad de proteger al casco urbano original de la Ciudad de Empalme, se construyó el primer bordo en el lado oriente de la traza urbana que existía en ese entonces. Se trata de un alzamiento de tierra simple, sin ninguna protección y que posee en su lado aguas arriba un canal de conducción de aguas pluviales. En la parte norte ese canal se encuentra muy improvisado y en franco deterioro, mientras que en la parte sur se ha trabajado en rectificarle el cauce ampliándolo a una buena sección hidráulica y en algunos tramos revestida de concreto.

Como se aprecia en el croquis de escurrimientos pluviales este bordo desvía con cierta eficacia los escurrimientos del arroyo hacia el sur. Cuenta con un área tributaria de 422 hectáreas y una longitud del cauce principal de 4,687 metros que poseen una pendiente promedio de 2.35 al millar. Su tiempo de concentración es relativamente corto, del orden de los 119 minutos lo cual propicia que sea susceptible a tormentas cortas de gran intensidad.

Actualmente el comportamiento de esta obra es bueno, pero es necesario que se atiendan algunos puntos críticos, entre éstos el mejoramiento de los cruces de calles en su recorrido. Las demás obras para este bordo se mencionan en el apartado de Recomendaciones para este tema.

Segundo Plano.

Con el crecimiento de la Ciudad de Empalme el primer bordo fue rebasado por la zona urbana y fue necesario construir un segundo bordo para proteger la parte de la ciudad que se encontraba fuera de los límites de la primera obra de defensa. Como se observa en la imagen esta obra canaliza los escurrimientos de algunos pequeños arroyos que provienen de las llanuras aluviales del valle. Se trata de escurrimientos con una cuenca del orden de las 330 hectáreas con una longitud del cauce principal de 4,234 metros y una pendiente promedio del 1.62 al millar. Su tiempo de concentración es de 137 minutos lo que hace a esta cuenca susceptible a tormentas de gran intensidad y corta duración.

La mayor parte de este bordo se encuentra muy bien construido, constituyéndose por un alzamiento de tierra con el flanco de aguas arriba protegido por colchoneta de gaviones. Existen muy pocos puntos de cruce y se encuentran adecuadamente protegidos.

Un problema con este bordo es que deja fuera de su protección a la zona industrial de Empalme donde, como se aprecia en la imagen, cruza un arroyo con una cuenca de 25 km² misma que posee un potencial destructivo apreciable

Obsérvese como el cauce principal del arroyo se encuentra interrumpido por las instalaciones de una empresa, fuera del segundo bordo.

Colonia Bella Vista.

El arroyo de la Colonia Bella Vista posee una pequeña área tributaria de 286 hectáreas que en su mayor parte pertenecen al área urbana de Empalme. Se trata de pequeñas corrientes que bajan del Cerro de la Cruz e ingresan al área urbana transitando por calles con muy poca pendiente. Estos escurrimientos se acumulan en un solo punto de cruce con las vías del ferrocarril a la altura de la calle Independencia, cruzan bajo la prolongación de la calle Reforma y llegan a la bahía por medio de un canal revestido de concreto a un lado de un manglar natural.

En las condiciones actuales este arroyo no debe tener una gran peligrosidad, debido a lo pequeño de su cuenca, a la baja pendiente de los cauces y al bajo coeficiente de escurrimiento. Se estima que el caudal máximo deberá de estar en alrededor de 4 m³/seg, que son muy manejables para la sección hidráulica del canal. Sin embargo, este es un punto que hay que monitorear continuamente debido a que el coeficiente de escurrimiento de su cuenca se irá incrementando conforme aumente el área urbana pavimentada, con lo cual los escurrimientos pueden llegar a duplicarse poniendo en peligro las obras de cruce y la colonia Bella Vista.

En base al análisis anterior y tomando como referencia la información del Atlas Estatal de Riesgos para el Estado de Sonora, las curvas de nivel, las zonas de inundación registradas en años anteriores e información de por Protección Civil de Empalme, se identificaron para la ciudad tres niveles de peligro por inundación: ALTO, MEDIO y BAJO. El primero abarca la periferia este de la ciudad, colonias colindantes al Estero El Rancho, como es el caso de la Ampliación Ronaldo Camacho, Bella Vista y Bella Vista Norte y parte de las colonias Pesqueira, Pitic y Ronaldo Camacho Durán. Más al sur esta zona inundable se extiende hasta la carretera F15 y la superficie contenida entre el parque industrial Bella Vista. Este último

complejo funciona como zona de contención, ya que para su construcción se realizaron terraplenes que le dieron mayor altura.

Más hacia el sur, la zona inundable de peligro ALTO parte del parque industrial antes mencionado hasta el litoral en playas del Cochorit. Paralelo a las vías del tren y a la carretera F15 se forma anegamiento de agua debido a la barrera que representa esta infraestructura para el flujo natural del agua pluvial. A su vez, el acumulamiento de agua en esta zona impide el flujo del agua que se concentra en parte de las colonias Bahía del Sol, 29 de Septiembre y Guadalupe, al ubicarse en una depresión con un nivel medio sobre el nivel del mar inferior a las zonas colindantes. Debido a esto, a este sector se le asigna un nivel de peligro MEDIO, al igual que al parque industrial Bella Vista, a los talleres de Ferromex, la zona centro de Empalme, el sur de la colonia La Moderna, hasta parte de la colonia Ronaldo Camacho y Pitic hacia el Norte, esta última zona por la llegada del escurrimiento de Los Cuates.

Por último, la tercera franja se considera de peligro BAJO y abarca parte de la colonia Ronaldo Camacho, parte de la Juarez y de la colonia Ortiz Rubio. Al este de la ciudad, la zona de peligro Bajo por inundaciones abarca a las colonias Guadalupe, 7 de Enero, Nuevo Empalme, Palmares, Las Jacarandas y Villa Dorada, en razón del segundo bordo de protección.

En este tema en particular se considera que la vulnerabilidad física tanto de las viviendas como de la infraestructura es alta, ya que una inundación llega a causar daños irreversibles y pérdidas del patrimonio tanto en unas viviendas construidas con materiales de buena calidad como a viviendas de materiales precarios. En base a esto, se determinaron las siguientes zonas de RIESGO resultado del cruce del peligro, la vulnerabilidad física y social de cada sector.

MUY ALTO: Este sector corresponde a las colonias Ampliación Ronaldo Camacho, Bella Vista, Bella Vista Norte y parte de las colonias Pitic, Pesqueira y Ampliación Ronaldo Camacho. En este nivel de riesgo también se incluye la infraestructura del Puente Douglas y el Cuartel Militar ubicado al sur de la carretera F15. De acuerdo a estimaciones se calcula que cerca de 5,223 personas habitan en este nivel de riesgo, las que representan el 12.28% de la población total de la ciudad.

ALTO: La zona de riesgo que presenta esta intensidad abarca parte de las colonias Ronaldo Camacho y Pitic, así como parte de las colonias La Moderna y el centro de la ciudad. Al este de la mancha urbana colonias como Bahía del Sol, 29 de Septiembre y Guadalupe se encuentran también parcialmente en este nivel de riesgo. En total todos estos sectores suman una población estimada de 11,627 habitantes, equivalentes al 27.35% del total. Entre la infraestructura que se contempla esta el parque Industrial Bella Vista y el que se encuentra al Oriente de la ciudad, así como el estadio de Beisbol Luis Donaldo Colosio.

MEDIO: Este es el último nivel de riesgo que se contempla para la ciudad, abarca al oriente parte de las colonias Las Jacarandas, Sahuaral, INFONAVIT, Guadalupe, Nuevo Empalme, Palmares, 29 de Septiembre y Villa Dorada, mientras que al oeste a parte de las colonias Juárez, Ortiz Rubio, La Moderna y Ronaldo Camacho. En conjunto esta zona suma un aproximado de 14,038 habitantes, iguales al 33.02% de la población de la ciudad.

En cuanto al sitio del proyecto para el fenómeno de inundaciones, se encuentra fuera de todos los lugares que se mencionan anteriormente, sin embargo se considera que el sitio donde se encuentra el proyecto es de los sitios más bajos, lo que podría verse afectado no por lluvias pero si por alto Oleaje, o sufrir inundaciones por la actividad de un tsunami, por lo que se debe considerar este fenómeno durante su realización, pudiéndose catalogar como riesgo Alto.

III.3.8. PERDIDAS DE SUELO DEBIDO A LA EROSIÓN.

En Sonora, la erosión es un problema presente en la mayoría de los suelos del estado y constituye un riesgo para la producción futura de las actividades agrícolas, ganaderas, así como para los asentamientos humanos.

De acuerdo a estadísticas del INEGI sobre la erosión en las diferentes entidades federativas, Sonora ocupa el segundo sitio a nivel nacional en cuanto a superficie de suelos con erosión severa y muy severa, concentrando el 12% de la superficie nacional afectada con erosión severa y casi el 11% en el caso de la muy Severa.

Es difícil precisar la magnitud y gravedad del proceso de erosión, debido a los diferentes métodos de medición y las clasificaciones utilizadas para mostrar el grado de avance de este problema. Sin embargo, al encontrarse sobre un valle aluvial, es posible que la mayor parte de su territorio esté sufriendo este proceso de degradación en alguna medida.

Erosión Hídrica.

De acuerdo a SEMARNAT, la Erosión de los suelos por causa de la lluvia involucra a tres fases o etapas. Primero, el desprendimiento de las partículas del suelo de la superficie del mismo; segundo, el transporte de dichas partículas desprendidas; y por último, la depositación de las partículas desprendidas y transportadas.

En el municipio, el proceso erosivo se ve favorecido por el mal manejo del suelo y la actividad de deforestación por lo que es necesario implementar programas tendientes a controlar el proceso de erosión de los terrenos. El clima es también responsable de la erosión del suelo, ya que en climas secos, áridos o semiáridos, como es el caso del de Empalme, se reciben pocas precipitaciones al año, pero cuando cae lluvia lo hace frecuentemente de forma torrencial. A su vez, la falta de agua provoca también que la vegetación sea escasa y que aporte poca materia orgánica al suelo y le proporcione una débil protección. La escasez de vegetación y la pendiente del territorio facilitan que el agua corra arrastrando el suelo.

El análisis de este fenómeno en el territorio se basa en cuatro factores principales: primeramente el clima, en particular la precipitación y la temperatura; segundo, el suelo, su resistencia natural a la dispersión, su capacidad de infiltración y su velocidad de transmisión del agua. En tercer lugar se encuentra la topografía, particularmente la inclinación, la longitud y la forma de la pendiente, y finalmente, como cuarto factor se encuentra la cobertura vegetal, ya sea en forma viviente o de residuos.

La determinación del peligro por erosión hídrica en el municipio de Empalme se basó en los resultado expresados por SEMARNAT sobre las condiciones actuales del suelo nacional, en el que muestra el promedio de la pérdida de suelo por erosión hídrica, expresada en toneladas por hectárea al año, en función de los factores de erosividad de la lluvia, el factor de erosionabilidad del suelolongitud de la pendiente, el grado de la pendiente, el factor de cobertura vegetal y las prácticas mecánicas de control de erosión.

Con esto pude observarse que la mayor parte del municipio presente un peligro NULO por erosión hídrica, son algunas zonas puntuales las que alcanzan una pérdida del suelo clasificada como LIGERA, las que corresponden a las partes altas de las elevaciones, como es el caso de la Sierra Santa Úrsula. En este caso en particular la zona urbana de Empalme se encuentra afectada por la depositación del

material que arrastran las lluvias desde las elevaciones colindantes, situación que aumenta el riesgo ante otro tipo de fenómenos como el de las inundaciones.

La falta de información disponible a escala municipal sobre este fenómeno, es sin duda una de las limitantes para entender la magnitud y ritmos de evolución del proceso de erosión en el municipio, así como el grado de afectación. Las observaciones en campo confirman la limitada presencia de erosión hídrica en el territorio, aunque se identificaron algunos arroyos que drenan produciendo espolones laterales, éstos son poco significativos. Como se mencionó anteriormente, este fenómeno genera un acarreo de material hacia el Sur del municipio, área en donde se encuentra la ciudad de Empalme, por lo que esta zona debe tratarse como un sistema de erosión y deposito con las implicaciones que esto tiene hacia el azolve y obstrucción de calles, avenidas y Ductos.

Las áreas urbanas que presentan procesos erosivos se encuentran en el pie de cerros y en los valles en "V". Las colonias que presentan peligro, al menos en alguna porción de las mismas son: La Ladrillera, Ampliación Jordán y Juárez, las cuales se asientan contiguas al cauce del arroyo Los Cuates, en su entrada Norte a la ciudad, lo que sumado a la falta de vegetación facilita la erosión. En esta zona de peligro se registra una población aproximada de 96 habitantes, que se encuentran asentados en viviendas precarias, lo que hace que la vulnerabilidad física sea alta.

Este fenómeno no afecta directamente la integridad de la población, el impacto más bien se enfoca a pérdidas económicas. En las zonas rurales los daños generados se relacionan principalmente a la pérdida de la productividad agropecuaria, así como a la afectación de la vialidad rural; mientras que en la zona urbana de Empalme el impacto se enfoca a la infraestructura, tanto vial como de drenaje. En esta ciudad es posible percibir la acumulación de material de arrastre en calles y avenidas, así como la obstrucción de alcantarillas, lo que a su vez perjudica el desagüe del agua pluvial incidiendo negativamente en las inundaciones.

Erosión Eólica:

Algunas porciones de la zona costera del municipio de Empalme, presentan erosión eólica, la que se ve afectada principalmente por la incidencia de fenómenos hidrometeorológicos en la región. En el área de estudio se identifica la erosión eólica catalogada como "deflación", esta forma de erosión genera que las partículas sueltas que se hallan sobre la superficie del suelo sean barridas, arrastradas o levantadas por el aire. Este proceso es posible debido a la superficie completamente seca del terreno y a la cubierta de pequeños granos de arena sueltos, característicos del valle aluvial en donde se asienta el municipio. De esta manera es posible identificar evidencia de erosión eólica en los cursos de ríos o escurrimientos secos y en las playas del municipio.

Las partículas más finas que constituyen la arcilla y limos, son levantadas muy fácilmente y transportadas en suspensión, como sucede en algunos sectores del valle, en donde es visible la formación de remolinos; por su parte la grava y los cantos rodados de 5 a 8 mm. de diámetro suelen rodar por el suelo llano cuando el viento es muy intenso, aunque no recorren grandes distancias ya que es muy fácil que sean retenidos; mientras que los granos de arena se mueven únicamente con la acción del viento fuerte y tienden a desplazarse a poca altura del suelo, tal y como sucede en la zona de dunas identificadas en la costa de Empalme.

Las dunas formadas por este proceso de erosión representan un sistema de protección de la línea de costa, pues disipan y amortiguan los efectos producidos por la fuerza del oleaje, además de que funcionan como reserva de arena en playas erosionadas. En algunos sectores, la duna costera se ha

perdido como consecuencia de actividades humanas o climáticas, por lo que se debe considerar su establecimiento a lo largo de la berma de la playa, evitando su erosión.

Otras evidencias de erosión eólica en las costas, es la presencia de superficies de rocas pulidas, micro crestas y aristas bien pulidas, como es en el caso de Punta Calaveras en Playa del Sol. En esta misma zona se pueden observar rocas aisladas en forma de hongo, agujas y montículos con formas cóncavas y convexas. A su vez, en estas zonas costeras también se cuenta con la presencia de afloramiento de rocas por el transporte constante de arenas, así como la presencia de pequeñas rizaduras sobre la superficie del suelo.

Para la valoración del peligro que presenta la erosión eólica en el municipio, se aplicó la información generada por la SEMARNAT sobre este tema a nivel nacional, obtenida en función de las características del clima, el suelo y la vegetación. Con esto se pudo observar que la erosión eólica en el territorio es mucho más severa que la hídrica, ya que la totalidad del municipio de Empalme presenta una intensidad de pérdida de suelo por acción del viento MUY ALTA.

Es importante señalar que la erosión eólica no representa un riesgo directo para la población, más bien pone en riesgo el atractivo que representa para el paisaje, lo que incide negativamente en las actividades turísticas. Mientras tanto, para las zonas de cultivos del valle de Empalme este fenómeno si representa un riesgo, al generar acciones superficiales para los cultivos, causando daños como: arranque de tierra dejando al descubierto plantas o semillas sin germinar, afectaciones al recubrimiento de pastos y sembrados, aterramiento de superficies agrícolas, afectación de cercas, así como el transporte de insectos y semillas perjudiciales para los cultivos.

En conjunto, los efectos causados por la erosión eólica conducen a una degradación paulatina de los recursos edáficos y una alteración lenta pero continua del medio ambiente. Este tipo de erosión determina una nueva distribución de las partículas superficiales, originando una "esqueletización" de los suelos. La acción del viento sobre la superficie terrestre difiere sensiblemente de la realizada por el agua, mientras ésta actúa sobre zonas concretas, como cauces de ríos, el viento incide sobre toda la superficie, debido a esto, la erosión eólica puede conducir a consecuencias mucho más graves e irreversibles. Entre los impactos más severos que esta erosión genera en el medio ambiente está la desertificación de los suelos, atribuida generalmente a la disminución de las lluvias en regiones áridas y semiáridas, sin embargo estudiosos del tema refieren casi de forma exclusiva a la erosión eólica como causante de la desertificación.

Erosión Kárstica.

Las características geomorfológicas, edafológicas y geológicas del área de estudio, no hacen posible la presencia de erosión kárstica, por lo que no se tiene registro de ningún fenómeno de este tipo.

En cuanto a este fenómeno como se menciona anteriormente, el efecto sobre erosión hidrológica es nulo para el municipio, sin embargo para erosión Eólica se cataloga el municipio con un riesgo ALTO. Sin embargo el sitio del proyecto se encuentra fuera de las zonas mencionadas anteriormente donde tiene incidencia este fenómeno, quedando fuera de este peligro, aunque se debe considerar para la realización del proyecto.

III.3.9. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DEBIDO A ESCURRIMIENTOS Y EROSIÓN.

En el Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Empalme, no se menciona algún riesgo relacionado a este fenómeno.

III.3.10. HURACANES.

Debido a la ubicación de la República Mexicana y por la gran extensión de litorales con que cuenta, su territorio es afectado continuamente por ciclones tropicales, tanto en las costas del océano Pacífico, área en donde se encuentra el estado de Sonora, como en las del Golfo de México y el Caribe.

De acuerdo al recorrido y comportamiento histórico que han mantenido los ciclones en el país, se han establecido patrones que ilustran el posible comportamiento de un ciclón, dependiendo de la zona ciclogenética en la que se encuentra y de las condiciones ambientales prevalecientes, lo que permite hacer un pronóstico de su comportamiento y definir las zonas que podrían verse afectadas durante la evolución del fenómeno.

En base a esta información, CENAPRED ha generado un mapa que regionaliza el peligro por incidencia de ciclones. En este gráfico, es posible identificar que el municipio de Empalme se localiza en una zona propensa a ser afectada presentando un peligro clasificado como BAJO

De acuerdo a CENAPRED, la temporada en que se presentan estos fenómenos hidrometeorológicos en el Océano Pacífico, comienza en la primera quincena del mes de Mayo y finaliza a principios de Noviembre, siendo Septiembre el mes que presenta más actividad. Para Sonora y para el municipio de Empalme específicamente, los meses que registran más eventos ciclónicos que afectan directamente al territorio son Agosto, Septiembre y Octubre.

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional, en Sonora se han registrado 18 fenómenos ciclónicos que han pasado en su trayectoria por el territorio en el periodo 2001 a 2018. En la siguiente tabla se muestran los eventos que han tocado territorio.

Tabla III.9. Registros históricos de fenómenos meteorológicos 2001 - 2018.

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
2018	Pacífico	Bud	H4	Baja California Sur, Sinaloa y Sonora
		Carlotta	TT	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima. Tabasco, Veracruz, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala y Puebla
		DT No. 19	DT	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Baja California
		Rosa	H4	Baja California y Sonora
		Sergio	H4	Chihuahua, Sonora, Baja California, Baja California Sur, Michoacán, Guerrero y Oaxaca
		Tara	TT	Jalisco, Michoacán, Colima y Guerrero
		Vicente	TT	Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas
		Willa	H5	Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Durango y Zacatecas
	Atlántico	Alberto	TT	Yucatán y Quintana Roo

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
		Michael	H4	Quintana Roo y Yucatán
2017	Pacífico	Beatriz	TT	Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Tabasco, Veracruz, Puebla, Estado de México, Ciudad de México y Morelos
		Calvin	TT	Oaxaca
		Lidia	TT	Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes y Guanajuato
		Max	H1	Michoacán, Guerrero y Oaxaca
	Atlántico	Franklin	H1	Yucatán, Veracruz, Tamaulipas, Hidalgo y Estado de México
		Katia	H2	Veracruz y Puebla
2016	Pacífico	DT No. 1	DT	Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Guerrero
		Javier	TT	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Sinaloa, Nayarit, Baja California Sur, Durango, Zacatecas, Sonora y Aguascalientes
		Newton	H1	Jalisco, Colima, Michoacán, Sinaloa, Nayarit, Durango, Guerrero, Zacatecas, Baja California sur, Baja California, Sonora y Chihuahua
	Atlántico	Colin	TT	Quintana Roo, Yucatán, Campeche y Tabasco
		Danielle	TT	Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Coahuila
		Earl	H1	Campeche, Tabasco, Oaxaca, Quintana Roo, Yucatán, Chiapas, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Estado de México, Morelos, Tamaulipas, CD de México y Veracruz
2015	Pacífico	Blanca	H4	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Baja California Sur, Baja California y Sonora
		Carlos	H4	Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Distrito Federal, Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit
		DT No. 16	DT	Baja California Sur, Baja California, Sonora y Sinaloa
		Patricia	H5	Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Zacatecas, Sinaloa, Chihuahua, Nayarit, Durango, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí.
2014	Pacífico	Simón	H4	Michoacán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Baja California Sur, Colima y Jalisco
		Trudy	TT	Guerrero, Chiapas y Oaxaca
		Vance	DT	Sinaloa, Durango, Jalisco, Colima, Nayarit
	Atlántico	Dolly	TT	San Luis Potosí, Tamaulipas, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
		DT 9	DT	Campeche
2012	Pacífico	Bud	H3	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit
		Carlotta	H2	Colima, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz
		Norman	TT	Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco y Baja California Sur
		Paul	H3	Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Durango, Nayarit y Jalisco
	Atlántico	Ernesto	H1	Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca
		Helene	TT	Tabasco, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Oaxaca
2011	Pacífico	DT 12E	DT	Oaxaca y Chiapas
		Jova	H2	Jalisco, Colima, Michoacán y Nayarit
		DT 8E	DT	Michoacán, Colima y Jalisco
		Beatriz	H1	Guerrero, Colima, Michoacán y Jalisco
	Atlántico	Rina	TT	Quintana Roo
		Nate	TT	Tabasco y Veracruz
		Harvey	DT	Chiapas, Tabasco, Veracruz y Oaxaca
		Arlene	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas e Hidalgo
2010	Atlántico	Richard	DT	Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Tabasco
		Matthew	DT	Campeche y Veracruz
		Karl	TT (H3)	Quintana Roo, Veracruz y Campeche
		Hermine	TT	Tamaulipas
		DT 2	DT	Tamaulipas
		Alex	TT (H2)	Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas y Nuevo León
2009	Pacífico	Georgette	TT	Baja California Sur y Sonora
		DT 11E	DT	Oaxaca y Veracruz
		Ágatha	TT	Chiapas
		Andrés	H1	Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit
		Jimena	H4	Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima y Guerrero
		Rick	H5	Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Jalisco
	Atlántico	Ida	H2	Yucatán y Quintana Roo
2008	Pacífico	Odile	TT	Guerrero, Michoacán y Colima
		Norbert	H2	Baja California Sur, Sonora y Chihuahua
	Atlántico	Marco	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla
	Pacífico	Lowell	DT	Baja California Sur, Sinaloa y Sonora
	Atlántico	Dolly	TT	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua
	Pacífico	DT 5E	DT	Michoacán
	Atlántico	Arthur	TT	Quintana Roo, Campeche y Tabasco
2007	Atlántico	Lorenzo	H1	Veracruz, Puebla e Hidalgo
	Pacífico	Henriette	H1	Baja California Sur y Sonora

Año	Océano	Nombre	Categoría	Estados Afectados
	Atlántico	Dean	H5	Quintana Roo, Campeche, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Querétaro
	Pacífico	Bárbara	TT	Chiapas
2006	Pacífico	Norman	DT	Colima, Michoacán y Jalisco
		Lane	H3	Sinaloa y Colima
		John	H2	Baja California Sur
2005	Atlántico	Wilma	H4	Quintana Roo y Yucatán
		José	TT	Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y Distrito Federal
		Gert	TT	Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León
		Emily	H4	Quintana Roo, Yucatán, Tamaulipas y Nuevo León
	Pacífico	Dora	TT	Guerrero, Michoacán y Colima
	Atlántico	Cindy	DT	Quintana Roo y Yucatán
		Bret	TT	Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo
2004	Pacífico	DT 16E	DT	Sinaloa
		Lester	TT	Guerrero
		Javier	DT	Baja California Sur y Sonora
2003	Pacífico	Marty	H2	Baja California Sur, Sonora y Baja California
		Ignacio	H2	Baja California Sur
	Atlántico	Erika	H1	Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Yucatán
2002	Pacífico	Kenna	H4	Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Durango y Zacatecas
	Atlántico	Isidore	H3	Quintana Roo, Yucatán y Campeche
2001	Pacífico	Juliette	H1	Baja California Sur, Sonora y Sinaloa

Entre los peligros que se contemplan en el municipio de Empalme por el paso de un ciclón tropical están los fuertes vientos generados por estos fenómenos, los que a su vez inciden en el oleaje y la marea de tormenta. Esta situación es de consideración al contemplar la ubicación del municipio ya que cuenta con localidades asentadas sobre la costa, entre ellas la ciudad de Empalme, localidad urbana en donde se concentra la mayor parte de la población municipal. Este tipo de condiciones también generan peligro para la navegación por los fuertes vientos y el oleaje, al mismo tiempo que se puede dañar la zona costera afectando viviendas, infraestructura marítima como puertos, muelles, embarcaciones y otros elementos cercanos al área de impacto de las olas. En la ciudad de Empalme, una de la infraestructura estratégica más expuesta al embate de estos fenómenos es el puente Douglas, el que funciona como conexión entre la ciudad de Empalme y Guaymas y que es considerado un punto de enlace primordial en la dinámica, social y económica que comparten ambas ciudades.

Otro de los impactos a considerar con la llegada de un ciclón tropical, es la precipitación, aspecto en el que se es muy vulnerable en el municipio, debido al riesgo elevado que éste tiene a inundarse. Por lo general, estos fenómenos meteorológicos generan intensas lluvias en lapsos muy cortos, lo que hace que colapse el drenaje pluvial en el área urbana provocando inundaciones en los sectores más bajos. Durante el paso de la depresión tropical Jimena en el 2009, se registraron fuertes inundaciones en las colonias ubicadas al Oeste de la ciudad de Empalme, en las que se registró un nivel de agua superior a los 1.5 m, como es el caso de Bella Visa, Pitic, Pesqueira y una parte de la ampliación Ronaldo Camacho. La zona clasificada como de riesgo por inundaciones y por consiguiente por ciclones concentra una población aproximada de 11,026 habitantes, de los cuales 2,900 se encuentran asentados en las colonias antes mencionadas, presentando una vulnerabilidad física alta, debido a las características de las viviendas.

En las zonas rurales, las fuertes precipitaciones generan que el cauce de arroyos impida el tránsito por los caminos vecinales, dejando incomunicadas a varias localidades, como le sucedió a Úrsulo Galván y Antonio Rosales, en el 2009 durante las lluvias provocadas por Jimena. A su vez, estas precipitaciones dañaron el pavimento de las carreteras regionales como en la carretera a Triunfo de Santa Rosa, la que a poco más de 2 años del suceso aún permanece intransitable.

En la zona costera del municipio también se registran mareas de tormenta, las que acompañan a fenómenos hidrometeorológicos de este tipo. Esto representa una amenaza para todas las localidades asentadas sobre la costa, entre las que se encuentra el Cochórti y la ciudad de Empalme. Este peligro se debe combinar con la vulnerabilidad física de estas áreas, la que es alta debido a la precariedad que caracteriza a sus construcciones. En la ciudad de Empalme, las colonias que se han visto afectadas en eventos similares son Bella Vista, Pesqueira, Pitic y Ampliación Ronaldo Camacho, en donde se concentra una población aproximada de 2,900. En este caso en particular se puede decir que la vulnerabilidad social es alta, ya que la marea de tormenta es la manifestación menos obvia considerada por la población como resultado de un ciclón, a pesar de que es la que genera el mayor número de muertes, de acuerdo a CENAPRED.

En cuanto a la vulnerabilidad social ante fenómenos ciclónicos, en el Municipio de Empalme se considera MEDIA, ya que a pesar de que la población actualmente se encuentra consciente del peligro que representan estos fenómenos, así como la predisposición que tiene el municipio de verse afectado directamente o indirectamente por eventos de este tipo, aún se tiene cierto desconocimiento sobre fenómenos como las mareas de tormenta, ya que este peligro no es asimilada aún por la población como grave, a pesar de que es una de las consecuencias de los ciclones que genera más daños en las zonas costeras.

Como resultado de la combinación de la muy ALTA probabilidad de afectación por ciclones tropicales que se tiene en el municipio, de la muy alta vulnerabilidad física de las construcciones y de la vulnerabilidad social calificada como media, se puede decir como concusión que el municipio de Empalme presenta un riesgo ALTO ante la presencia de ciclones tropicales.

En cuanto al sitio donde se pretende realizar el proyecto, presenta un riesgo ALTO, al igual que todo el municipio de Empalme, ya que el sitio se encuentra en la costa del municipio la cual comparte con la localidad de Cochorit, lugar donde ya se han presentado impactos y se tienen registros de daños a inmuebles y a las personas que ahí habitan, por lo antes mencionado es de gran importancia considerar esto para la realización del proyecto.

III.3.11. OTROS EFECTOS METEOROLÓGICOS.

Tormentas Eléctricas.

En el municipio de Empalme, la presencia de este tipo de tormenta, según datos de las Normales Meteorológicas del municipio, se da principalmente en los meses de Julio, Agosto y Septiembre.

Las tormentas eléctricas se encuentran generalmente acompañando a otros fenómenos hidrometeorológicos como son lluvias intensas y Tormentas Tropicales. Entre los daños generados por este fenómeno está el incendio de áreas descubiertas, así como la muerte de animales y en ocasiones de personas. A pesar de esto, posterior a la consulta de medios de difusión impresos y digitales, no se encontró testimonio de algún evento trágico en el municipio a causa de la caída de un Rayo.

Al Norte de la ciudad de Empalme, se encuentra una zona que registra una importante cantidad de eventos de este tipo. Esta zona se extiende sobre la parte este de la ciudad, área en donde se tiene registro de 500 eventos; mientras que más hacia el norte, en la localidad conocida como San José, ubicada sobre la carretera E120, se tiene registro de hasta 800 eventos de este tipo.

Debido a la ocurrencia de este fenómeno perturbador en la región y a la estadística de la CNA, éste es considerado de peligro MEDIO.

En cuanto a la vulnerabilidad física, ésta es ALTA en la zona rural, ya que no se cuenta con la infraestructura e instalaciones adecuadas, principalmente en las viviendas, para reducir el riesgo por la caída de rayos. A su vez, en la zona rural se tienen áreas descampadas mucho más expuestas, como es el caso de los campos de cultivos. En las áreas urbanas esta vulnerabilidad es BAJA, debido a las características de las construcciones y la existencia de pararrayos en diferentes puntos de la ciudad.

En cuanto a la vulnerabilidad social, ésta es calificada como BAJA. En general la población está consciente del peligro que representan las tormentas eléctricas, así como de las medidas preventivas que debe tomar para evitar resultar afectado durante este tipo de fenómenos. Este análisis arroja un riesgo por tormentas eléctricas para el municipio de Empalme como MEDIO.

De acuerdo a la información obtenida el promedio de incidencia del peligro por tormentas eléctricas en el municipio es MEDIO, por lo que se debe tomar medidas de prevención y mitigación para disminuir el riesgo ante este fenómeno perturbador.

Referente al sitio donde se pretende realizar el proyecto, al igual que todo el Municipio de Empalme representa un riesgo medio, por lo que este aspecto se debe considerar para la realización del proyecto.

Sequías.

La sequía es un fenómeno que afecta grandes extensiones de terreno, por lo que su análisis no se puede limitar únicamente al municipio de Empalme. México, por su localización geográfica, es sumamente vulnerable a la acción desastrosa de las sequías. En los últimos años ésta ha adquirido una gran relevancia por los daños que ocasiona, que con frecuencia superan en magnitud a los que producen otros fenómenos hidrometeorológicos.

En México las zonas más afectadas por la sequía se encuentran en la parte norte del país, abarcando entre otros estados, al de Sonora. De acuerdo a CENAPRED, toda esta región norteña es propensa a que se desarrollen sequías, ya que se encuentran en una latitud que es determinante para este tipo de fenómenos. En orden de severidad de los estados que presentan sequía y los efectos más desfavorables están: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Baja California, Sonora, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Tlaxcala.

El grado de afectación de la sequía depende de la severidad y tamaño de la región donde se presenta, en el municipio, este fenómeno afecta gravemente debido a la gran cantidad de actividades económicas asociadas con la precipitación, como las actividades pecuarias y sobre todo las actividades agrícolas que dependen del riego. A partir de esto se puede decir que la vulnerabilidad de la población ante este tipo de fenómenos es muy alta, ya que aun cuando se está consciente del peligro que este fenómeno representa, las medidas de prevención y de mitigación no son suficientes para un fenómeno de este tipo.

Aridez.

El cálculo del índice de severidad para cada año se realizó comparando los datos de precipitación mensual con sus respectivas medias mensuales. Para el municipio de Empalme, se analizaron las estaciones climatológicas para determinar los índices de aridez, de acuerdo a la metodología empleada en el estudio antes mencionado de María Engracia Hernández, en el que se obtuvieron los índices de aridez, así como sus respectivos periodos de retorno.

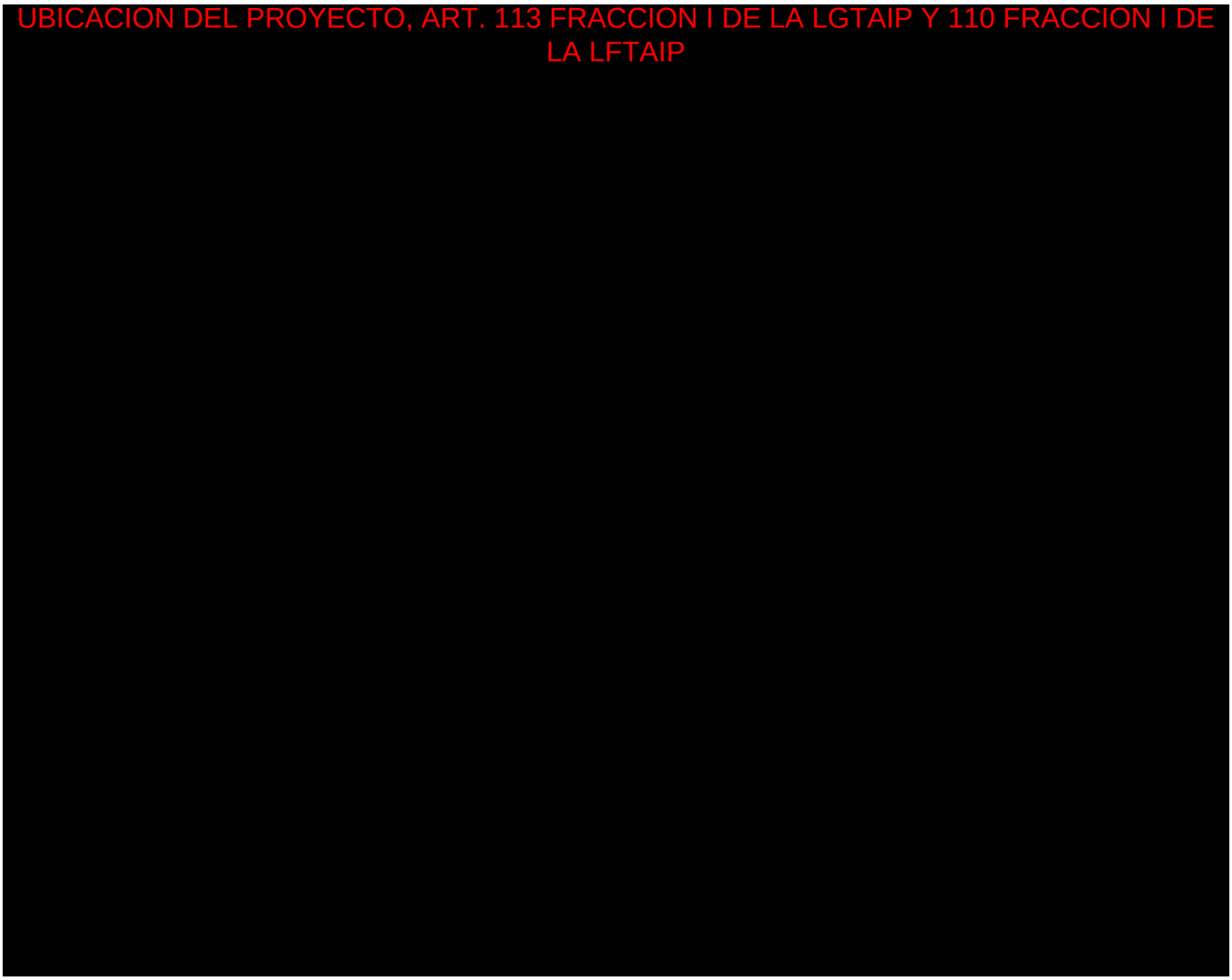
En este tema en particular, las zonas con vulnerabilidad ALTA identificadas en el territorio, corresponden a las que concentran población, con mayor énfasis en la zona urbana de Empalme, al ser ésta la localidad que concentra a la mayor población municipal; sin dejar de lado a las localidades rurales asentadas en el valle. Igualmente se considera como zonas de vulnerabilidad alta por sequías a las zonas productivas, principalmente enfocadas a las actividades agrícolas y pecuarias, al ser éstas las que presentan una dependencia directa con las precipitaciones y las que han reportado pérdidas económicas importantes en los periodos en los que ha prevalecido este fenómeno.

Tabla III.10. Población, hogares y zonas productivas estratégicas por nivel de Riesgo por Sequias.

Intensidad	Localidad	Población Afectada (aprox.)		Hogares Afectados (aprox.)		Áreas productivas estratégicas
		Total	% del Total	Total	% del Total	
Alto	Empalme José Ma. Morelos Santa Ma. de Guaymas Mi Patria es Primero La Palma Antonio Rosales Cruz de Piedra Maytorena San Fdo. de Guaymas Úrsulo Galván Juan Rodríguez El Mezquite Empalme el Águila	54,131	100	14,297	100	Zonas de Cultivo del Valle de Guaymas-Empalme Ranchos y Establos Pecuarios del Valle de Guaymas-Empalme Pozos de abastecimiento Acuífero del Valle de Guaymas
Medio						Acuícolas Estero Bachoco.

A partir de esto se establece que el riesgo por sequía es ALTO en todos los asentamientos humanos, así como en las zonas de cultivo y MEDIO en el resto del territorio municipal.

El sitio donde se pretende realizar el proyecto, se encuentra fuera de los sitios antes mencionados categorizados con un nivel ALTO y MEDIO en Sequia, quedando fuera y exento de este riesgo.



Temperaturas máximas extremas.

En el Atlas de Riesgos para el Municipio de Empalme, con la finalidad de realizar el análisis de temperaturas máximas extremas se tomaron los datos diarios de 6 estaciones climatológicas un periodo común de 29 años, desde 1982 a 2010.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones climatológicas utilizadas para este análisis, su ubicación y temperaturas máximas observadas en el periodo analizado. Para este estudio se observaron las gráficas de temperatura media mensual y de temperatura media anual para cada una de estas estaciones, así como la distribución de las frecuencias de dichas temperaturas máximas, las cuales se pueden consultar en el apartado de anexos.

Tabla III 11. Estaciones climatológicas analizadas y temperatura máxima observada.

Estación	Coord X	Coord Y	Máxima
María del Carmen	445892	3197433	50°C
Punta de Agua II	558948	3145015	47°C
4P 6	574267	3033795	49°C
P. Álvaro Obregón	609758	3077976	47°C
Vicam	569680	3058200	46°C
Torres	522506	3182371	47°C

Con este análisis se pudo observar que la temperatura máxima más frecuente para la estación María del Carmen es 47.2°C, mientras que para Punta de Agua y Torres es 44.1°C; así mismo para la estación 4P-6 y Vícam la temperatura máxima más frecuente es de 43.3°C, mientras que para Presa Álvaro Obregón, 44.6°C y 46.2°C, son las temperaturas más frecuentes.

Para la determinación de los períodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años de las temperaturas máximas históricas se utilizó la función de distribución acumulada de Gumbel, con la que se pretende obtener la probabilidad de que en una determinada serie de datos se presenten nuevos máximos dadas las condiciones iniciales. Con base en dicha fórmula se obtuvo las distribuciones de probabilidades las cuales quedaron plasmadas en los mapas para periodos de retorno.

Así mismo, para el mapa de Peligro por Temperaturas Máximas Extremas se agruparon las isotermas de la siguiente manera: BAJO para temperaturas menores a 49°C, MEDIO para temperaturas entre 49°C y 50°C y ALTO para aquellas temperaturas que superan los 50°C. Sin embargo, es digno de mención que aunque la población de la región está acostumbrada a temperaturas por arriba de los 40°C, los efectos de una prolongada exposición a temperaturas altas pueden ser graves e incluso mortales; pudiéndose presentar efectos tales como agotamiento por deshidratación, calambres, síncope, golpe de calor, insolación y hasta la muerte; sobre todo en aquellos sectores de la población más vulnerables como son los niños, enfermos, ancianos, personas de escasos recursos e indigentes.

En base a esto se identificó que el municipio de Empalme presenta únicamente un nivel de intensidad de peligro por temperaturas máximas extremas, el que es clasificado como BAJO y que incide en la totalidad de la población municipal.

Entre las afectaciones que traen el incremento de la temperatura, está la deshidratación en personas y animales y descomposición de alimentos, además este tipo de fenómenos pueden propiciar incendios forestales. Aunado a esto la saturación de humedad pueden traes problemas mayores de deshidratación. En la ciudad de Empalme, la población con vulnerabilidad ALTA se encuentra en los asentamientos más precarios, que corresponden principalmente a las colonias La Ladrillera, Ronaldo Camacho y Su Ampliación, Juárez, Jordán y su Ampliación, Pesqueira, Pitic y Bella Vista, sectores que se caracterizan por estar conformados por viviendas precarias y los que presentan la mayor deficiencia en servicios

básicos. La población que habita en estas áreas oscila entre los 6,931 habitantes aproximadamente. En promedio se calcula que la vulnerabilidad en el municipio es MEDIA

A partir del análisis respecto a la intensidad que presenta este fenómeno en el municipio, así como de la vulnerabilidad de la población, se estima que el riesgo por temperaturas máximas extremas es BAJO.

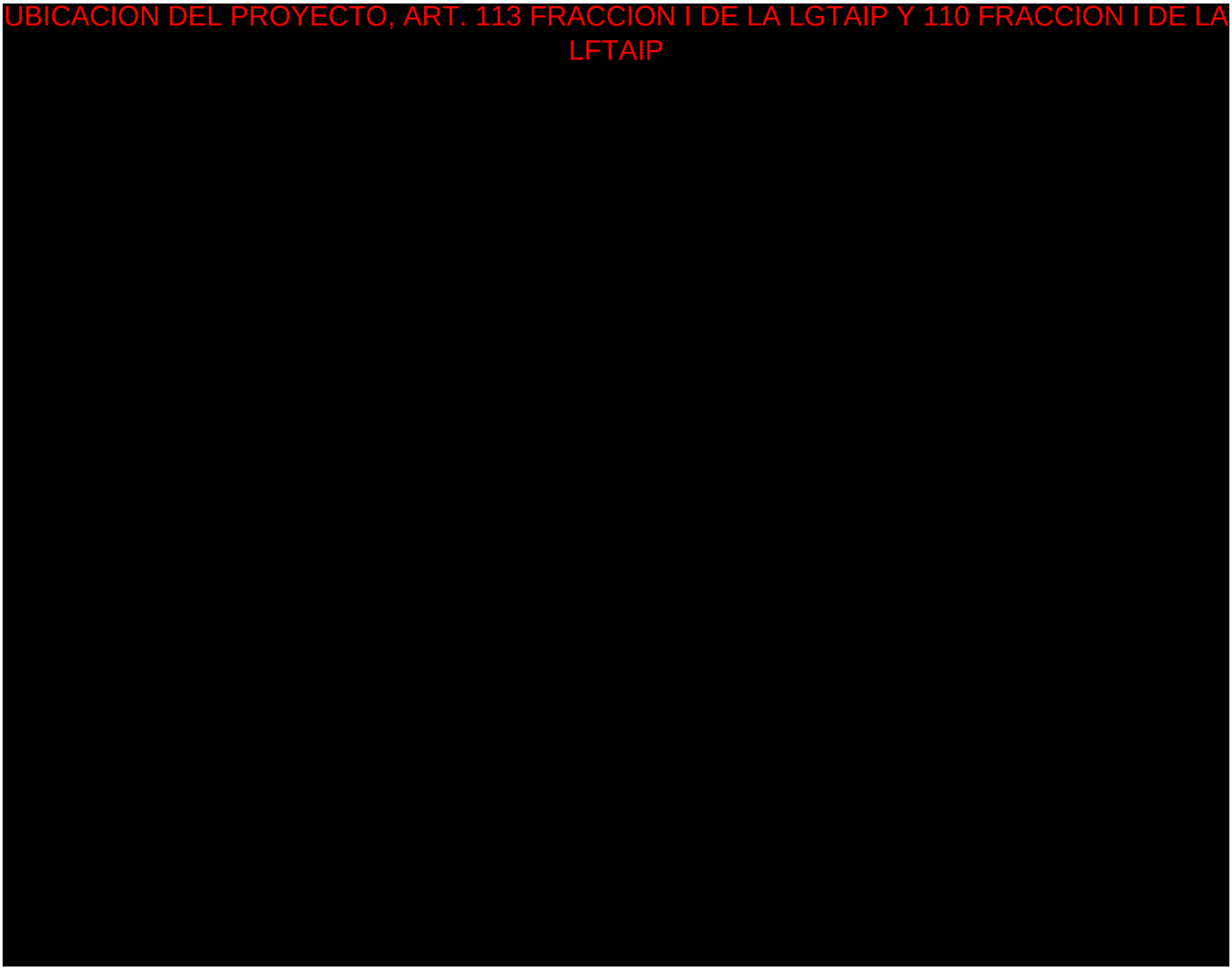
A continuación se muestra un recuento de la población y hogares afectados dependiendo del nivel de PELIGRO por TEMPERATURAS MÁXIMAS EXTREMAS en la que se encuentra, así como la infraestructura o áreas productivas estratégicas que resultan afectadas por fenómenos de este tipo.

Tabla III 12. Población, Hogares y zonas productivas por nivel de Peligro por Temperaturas Extremas.

Intensidad	Localidad		Población afectada (aprox.)		Hogares afectados (aprox.)		Áreas productivas Estratégicas
			Total	% del Total	Total	% del Total	
Bajo	Empalme		42,516	78,54	11,389	79,66	Zonas de Cultivo del Valle de Guaymas - Empalme Ranchos y Establos Pecuarios del Valle de Guaymas-Empalme Acuícola Estero El Bachoco
	Colonias con vulnerabilidad alta a temperaturas extremas	La Ladrillera Ronaldo Camacho Ampliación Ronaldo Camacho Juárez Jordán Ampliación Jordán Pesqueira Pitic Bella Vista Bella Vista Norte	6,931	16.30% de la cd.	1,873	16.45% de la cd.	
	José Ma. Morelos Santa Ma. de Guaymas Mi Patria es Primero La Palma Antonio Rosales Cruz de Piedra Maytorena San Fdo. de Guaymas Úrsulo Galván Juan Rodríguez El Mezquite Empalme el Águila		11,615	21.46%	2,908	20.34%	

En cuanto al sitio del proyecto al igual que la superficie completa del municipio presenta un riesgo en nivel MEDIO, ya que como se menciona anteriormente, el sitio según su ubicación es propenso a presentar temperaturas muy altas, esto aunado a la humedad del sitio al estar en la costa lo hacen aún

más vulnerable a este fenómeno, por eso es importante a considerar durante la realización del proyecto **(Ver Figura III 12).**



Vientos Fuertes.

Debido a sus características geomorfológicas y principalmente a su ubicación costera, el municipio de Empalme se encuentra expuesto a vientos fuertes. Otro aspecto que lo hace susceptible es la falta de elevaciones montañosas que sirvan de protección y resguardo contra fenómenos de este tipo.

Los vientos de mayor intensidad registrados en el municipio, se producen durante los eventos ciclónicos, como huracanes. Estos fenómenos aumentan la vulnerabilidad del municipio y principalmente de las localidades ubicadas en las zonas costeras, como es el caso de la ciudad de Empalme y de la localidad

pesquera el Cochórit, asentamientos que pueden verse afectados por fuertes ráfagas de viento generadas por eventos ciclónicos.

En la zona urbana, el viento afecta principalmente a la población ubicada en la periferia. En Empalme la zona más expuesta se conforma por las colonias ubicadas en el límite oeste, colindante al estero el Rancho, área en donde se encuentran las colonias Ampliación Ronaldo Camacho, Pesqueira, Pitic, Bella Vista y Bella Vista Norte. Posterior al análisis de las condiciones de las viviendas asentadas en esta área, se identificó la ALTA vulnerabilidad física que presenta esta zona, ya que la mayoría de las viviendas asentadas en estas colonias son precarias, en las que se identifica el uso de materiales como cartón y lámina en cubiertas y muros, o bien de lonas y otros materiales muy susceptibles a sufrir daños con la presencia de ráfagas de viento.

De acuerdo a CENAPRED, otros de los elementos con alta susceptibilidad a dañarse con vientos fuertes, están las estructuras metálicas. Entre éstas se encuentran los anuncios publicitarios, así como otros elementos urbanos como señalética, semáforos, postes de alumbrado, etc. Estas estructuras son las que han reportado los mayores daños en caso de vientos fuertes, como fue en el 2009 tras el paso de la tormenta tropical Jimena.

Otro sector con un riesgo alto por vientos son las zonas industriales de la ciudad de Empalme, ambas se encuentran en la periferia de la ciudad, por lo que están más expuestas, además se encuentran relativamente libres de obstáculos para el flujo del viento (generalmente bodegas y naves industriales) y se caracterizan por presentar grandes superficies expuestas en cualquier dirección y sus materiales de construcción son muy ligeros. Los daños que reflejan principalmente este tipo de construcciones son la falla y pérdida de las láminas de cubierta y techumbres. Los árboles también son elementos que están siempre sujetos a vientos intensos. Este tipo de estructuras naturales, aunque no generan un daño económico directo, pueden, de manera indirecta, generar daños y pérdidas económicas.

Posterior al análisis del peligro y la vulnerabilidad en el centro de población de Empalme, se identificaron las zonas de riesgo, resultado del cruce de estas dos variables. Este análisis se enfocó a la ciudad de Empalme, al ser ésta la localidad que concentra la mayor población municipal, así como por ser sede de las actividades económicas más destacadas del municipio.

Son varios los sectores de la ciudad que tienen un riesgo ALTO por vientos fuertes, uno de estos es el área poniente, conformado por las colonias ubicadas al margen del estero El Rancho, como es el caso de las colonias Ronaldo Camacho y su Ampliación, Pitic, Pesqueira, Bella Vista y Bella Vista Norte. Esta zona es muy propensa a ser afectada por vientos fuertes ya que se encuentra en la periferia de la ciudad, además un importante porcentaje de las viviendas asentadas en esta zona son precarias, por lo que emplean materiales como láminas de cartón y metálicas en losas y muros, materiales sumamente vulnerables antes las ráfagas de viento fuerte. Se estima que la población concentrada en este sector se acerca a los 5,873 habitantes.

Otra zona que también refleja un riesgo ALTO por tener las características antes descritas es la colonia La Ladrillera y parte de la colonia Juárez. Por último se tiene a la zona industrial compuesta por el parque Industrial Bella Vista y el ubicado al oriente de la ciudad. Estas zonas presentan un riesgo al ubicarse también en las periferias de la mancha urbana y por contar con edificaciones altamente vulnerables a los vientos fuertes, como son las naves industriales y bodegas, construidas principalmente de materiales ligeros como paneles de lámina. En estos sectores no se registra un número importante de habitantes, por lo que los daños se enfocan principalmente a las pérdidas económicas generadas por las afectaciones en los edificios y por la interrupción de las actividades industriales, rubro preponderante en

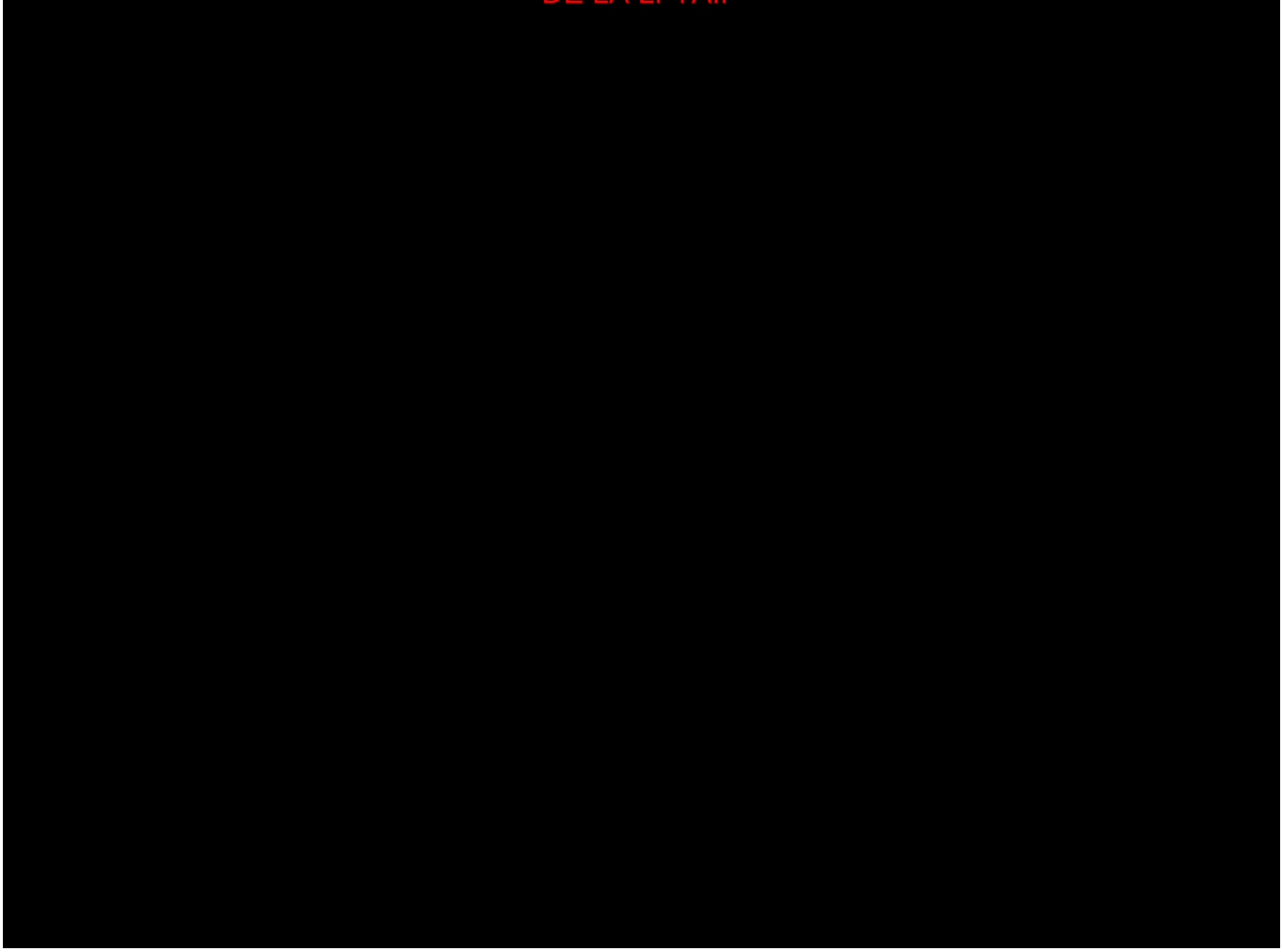
el municipio. Por estas mismas razonas se incluyen también los puestos que se ubican sobre el puente Douglas, los que se conforman por casetas metálicas o palapas susceptibles al viento.

A su vez, se identifican dos sectores que presentan un riesgo MEDIO, uno de los cuales corresponde a parte de la colonia Juárez, Jordán y su ampliación; el segundo sector es el polígono de los talleres del ferrocarril. Se considera que el resto de la ciudad presenta un riesgo considerado como BAJO ante la llegada de vientos fuertes.

A manera de recuento se presenta el siguiente cuadro que muestra el número aproximado de viviendas y población afectada, así como la infraestructura y zonas productivas estratégicas por nivel de RIESGO por vientos fuertes.

El sitio del proyecto, se encuentra en un lugar con un riesgo ALTO en cuanto a vientos fuertes, ya que se encuentra ubicado en la costa del municipio, lo que lo hace susceptible a los vientos fuertes, al igual que la localidad Cochorit que se encuentra a unos kilómetros al Este **(Ver Figura III 13).**

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



Masas de Aire (Heladas, Granizo y Nevadas).

De acuerdo al Diagnostico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, de CENAPRED, el municipio de Empalme se encuentra en una zona clasificada como de intensidad Baja de Heladas y Nevadas. La presencia de Heladas en el municipio se da en los meses de Diciembre a Febrero presentando un promedio anual de días con heladas de1.9., lo que refleja una incidencia de escasa a moderada. Mientras tanto el territorio no ha tenido registro de Nevadas

Entre los elementos climáticos que se encuentran íntimamente relacionados con los peligros naturales, se encuentran las temperaturas extremas y entre ellas las heladas, las que se presentan cuando la temperatura del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra desciende a 0°C en un lapso de 12 horas. Es importante tener un conocimiento amplio sobre su ocurrencia, intensidad, frecuencia y duración principalmente por el impacto que tienen en la agricultura y vegetación de la región de manera directa.

Entre las zonas vulnerables ante estos fenómenos están las áreas de cultivo, las que en fechas pasadas han reportado pérdidas económicas por fenómenos de este tipo.

Además de las afectaciones al campo, se han registrado muertes por hipotermia e intoxicación. Las zonas más vulnerables identificadas, tanto en las zonas rurales como en las urbanas, corresponden a las de viviendas precaria, las que presentan déficit en servicios básicos y las de bajos recursos económicos. Las localidades que resaltan por estas condiciones son Juan Rodríguez, Úrsulo Galván y Antonio Rosales, localidades que presentan, a nivel municipal, el mayor déficit en cuanto acceso a servicios básicos, entre éstos a energía eléctrica.

En el área urbana, las localidades más vulnerables físicamente se ubican en dos sectores. Uno corresponde a la periferia Norte, área en donde se localizan las colonias La Ladrillera, Jordán y Ampliación Jordán, que concentran en conjunto a una población aproximada de 1,058 habitantes. El otro sector corresponde a las colonias Ronaldo Camacho y su Ampliación, Pesqueira, Pitic, Bella Vista y Bella Vista Norte, las que en conjunto se conforman por 5,873 habitantes.

El sitio del proyecto, se encuentra fuera de las áreas y localidades antes mencionadas, por lo que no representa este un riesgo para el sitio, sin embargo este riesgo podría presentarse para todo el municipio, por lo que se sugiere se tome en cuenta para la realización del proyecto.

III.3.12. RIESGOS RADIOLÓGICOS.

En el Atlas de Riesgos para el Municipio de Empalme, no se menciona algún riesgo relacionado a este fenómeno.

III.4. ZONAS VULNERABLES DE POBLACIÓN.

El proyecto, se encuentra ubicado en una zona donde no se realiza algún uso del suelo, dejando fuera la incidencia de casas, poblaciones, escuelas, hospitales, centros comerciales, templos, unidades habitacionales y parques. La localidad más cercana al sitio donde se pretende realizar el Proyecto se encuentra a una distancia aproximada de 6.5 kilómetros, por lo que no es considerada como vulnerable.

III.5. COMPONENTES AMBIENTALES.

Debido a que el sitio donde se pretende realizar el Proyecto, ha sufrido modificaciones de origen antrópico desde tiempo atrás, lo cual repercutió en la eliminación de la vegetación que se encontraba en el sitio así como la dispersión de la Fauna que ahí se encontraba. Debido a esto, el sitio del proyecto como se mencionó anteriormente, presentara un Ducto el cual conectara a una monoboya flotante, incidiendo en el Mar de Cortez.

De igual manera es importante mencionar y recalcar, que en el sitio donde se pretende realizar el proyecto, no se encuentran Áreas Naturales Protegidas en ninguno de sus tres niveles (Federal, Estatal y Municipal), Regiones Hidrológicas Prioritarias, Regiones Marinas Prioritarias, Regiones Terrestres Prioritarias, Áreas de Importancia para la Conservación de Aves, ni Sitios RAMSAR, por lo que no se era afectado nada de lo antes mencionado en caso de un accidente.

III.6. INFRAESTRUCTURA VIAL É INDUSTRIAL.

Para el Proyecto no existe infraestructura vial que incidan en el radio de 500 metros determinado para la terminal, ni en el radio de 800 metros determinado para el Ducto. Las única vialidad oficial se encuentra a 4.8 kilómetros al Norte y es la Carretera Cd. Guaymas – Obregón. Por otra parte a 1.78 kilómetros al Este se encuentra un camino de terracería que llega hasta la costa, siendo estos las únicas dos vías de acceso cercanas al sitio del proyecto.

De igual manera, para el Proyecto no existe infraestructura industrial que incidan en el radio de 500 metros determinados para la terminal, ni en el radio de 800 m determinado para el Ducto, por lo que no existe nada que se pudiera ver afectado en caso de un accidente.

III.7. USO DE SUELO.

Como ya se conoce, el Presente proyecto se desarrollara en el Municipio de Empalme en el Estado de Sonora, el sitio donde se pretende realizar se encuentra en la actualidad desprovisto de vegetación, esto ya que a través del tiempo ha sufrido de modificaciones antrópicas, por el crecimiento del municipio y las necesidades de los habitantes, lo que ha repercutido en la eliminación de la vegetación natural que existía en el sitio, por ende de la fauna que ahí se encontraba, desplazándola a lugares más lejanos.

Según la Carta de Uso de Suelo y Vegetación 2015 escala 1: 250. 000, ubica al sitio donde se pretende realizar el proyecto, como un sitio con presencia de Mezquital Xerófilo, Vegetación Halófila Xerófila y el Cuerpo de Agua, que en este caso sería el Mar de Cortez. **(Ver Figura III 6).**

Índice

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS....3

IV.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO. 3

IV.1.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS. 3

IV.1.2. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES. 5

IV.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y DE ESCENARIOS DE RIESGO. 13

IV.1.4. JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO. 16

IV.1.5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESCENARIOS DE RIESGO. 19

IV.1.6. RESULTADOS DE LA JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO. 21

IV.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGO. 40

IV.2.1. ANÁLISIS DETALLADO DE FRECUENCIAS. 40

IV.2.2. ANÁLISIS DETALLADO DE CONSECUENCIAS. 48

Tablas

Tabla IV.1. Antecedentes de accidentes e incidentes. 11
Tabla IV.2. Metodologías de Análisis de Riesgo Cualitativo. 14
Tabla IV.3. Categorías de consecuencias sugeridas. (MIL-STD-882E, 2012). 17
Tabla IV.4. Niveles de probabilidad/frecuencia de accidente sugeridos. (MIL-STD-882E, 2012). 17
Tabla IV.5. Matriz de Evaluación de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012). 18
Tabla IV.6. Categorías de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012). 19
Tabla IV.7. Nodos Seleccionados. 20
Tabla IV.8. Jerarquización de los Escenarios de Riesgos Identificados. 22
Tabla IV.9. Escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias 41
Tabla IV.10. Simbología Utilizada por el Análisis de Árbol de Fallas. 43
Tabla IV.11. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas. 44
Tabla IV.12. Escenarios de Riesgo Propuestos. 49
Tabla IV.13. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento. 52

Figura

Figura IV.1. Datos de accidentes en poliductos de PEMEX (1994-2003). 11
Figura IV.2. Graficas de los Resultados de la Jerarquización de escenarios. 40
Figura IV.3. Árbol de Fallas del escenario 1.01, del Nodo 1. Derrame de combustible por rotura de manguera flotante. 45

Figura IV.4. Árbol de Fallas del escenario 5.05, 6.05 y 7.05 de los Nodos 5, 6 y 7 respectivamente. Sobrellenado de Tanque de Almacenamiento. 46
Figura IV.5. Árbol de Fallas del escenario 14.03, 14.06, 15.03 y 15.06 de los Nodos 14 y 15. Falla de la válvula FV que controla el flujo de combustible al auto-tanque / carro-tanque. 47

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

IV.1. Identificación de Peligros y Jerarquización de Escenarios de Riesgo.

Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

La identificación de los riesgos permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidad de materiales de fuentes potenciales de accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa. Esto lleva a la formulación de escenarios fundamentales de accidentes, que requieren una mayor consideración y análisis.

El análisis probabilístico permite identificar la verosimilitud de ocurrencia del accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia.

La evaluación de las consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, es el proceso denominado Análisis de Consecuencias. Este paso permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente y permite un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos, que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

IV.1.1. Análisis Preliminar de Peligros.

La elección de la metodología a emplear para la identificación preliminar de los peligros y amenazas para el diseño del proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme" se sustenta con lo establecido en la guía de la ASEA, la cual considera la aplicación de metodologías que permita identificar de manera preliminar los riesgos propios y características de acuerdo al tipo de proyecto y acorde la etapa en la que se encuentre este.

Por lo anterior, para la identificación preliminar de los riesgos de la Terminal se utilizó la metodología de lista de verificación, la cual es adecuada para el tipo de instalación del proyecto, debido a que es una de las herramientas más útiles para la identificación de peligros inmediatos.

Lista de Verificación.

La lista de verificación es una manera de plasmar en papel, los requerimientos con que debe cumplir un equipo, proceso, maquinaria, procedimientos, etc., derivado de la experiencia de quien lo aplica o como su nombre lo indica, el de verificar si se está cumpliendo con dichos códigos y estándares. La efectividad de una lista de verificación para la identificación y control de peligros, dependerá de la experiencia y conocimientos, en cuanto a códigos y estándares.

Las listas de verificación son aplicables en general a todos los sistemas de administración y a un proyecto a través de todas sus etapas. Una lista de verificación debe ser apropiada o adecuada para una etapa de proyecto, equipo, maquinaria, materiales de construcción, procedimientos de operación, procedimientos de emergencia, diseño, operación, arranque y paro, mantenimiento, desmantelamiento y/o sistemas de seguridad.

Garza Ayala, Sergio. (2015) Análisis de Riesgo Peligrosos en los Procesos, Parte 1: Metodologías. (1ª. Ed) Monterrey, NL.: Dinámica Heurística, S. A. de C. V..

Ovarro Seguridad Funcional Operativa S.C. (2020). Introducción al análisis de Riesgos. Métodos de Análisis de Riesgos.

La lista de verificación, se basó en la NOM-006-ASEA-2017 "Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación, mantenimiento, cierre y desmantelamiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos y petróleo, excepto para gas licuado de petróleo". Esta norma es la base del diseño bajo la cual está regido el Proyecto.

La NOM-006-ASEA-2017 establece requisitos para todas las etapas del ciclo de vida de una instalación, en este caso, el proyecto se encuentra en la etapa de ingeniería de diseño, por lo que se le aplica el capítulo "8. Diseño", además de considerar los numerales "5 Ubicación del predio", "6 Distribución de las instalaciones terrestres de almacenamiento, Recepción y Entrega" y "7 Distanciamiento"

El capítulo 8 establece requisitos por cada una de las siguientes secciones manejadas:

- 8.1 Almacenamiento
- 8.2 Recepción y Entrega
- 8.3 Sistemas adicionales de seguridad
- 8.4 Dictamen de Diseño

Con los requisitos normativos considerados en estas secciones se cubre el Diseño de la "Terminal de Fluidos De Empalme".

En el **Anexo 6**, se adjunta la Lista de Verificación, donde se pueden consultar los resultados obtenidos de la aplicación de la lista de verificación. Así mismo, se incluye como respaldo de la LV, la Evaluación de la conformidad con la NOM-006-ASEA-2017 (Dictamen No. 016TFE006TAR190919), donde se dictamina que la información proporcionada por el regulado para el diseño de ingeniería básica de la Terminal de Fluidos De Empalme, CUMPLE con los requisitos establecidos por la norma de referencia.

IV.1.2. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.

A pesar del gran avance tecnológico utilizado en toda la infraestructura para el almacenamiento de hidrocarburos en tanques, el riesgo está siempre presente en la operación, en la prevención y control de las principales causas de accidentes en instalaciones terrestres de almacenamiento de hidrocarburos.

Por lo tanto, se debe priorizar la atención para la prevención y control de las principales causas de accidentes y así poder coadyuvar el incremento de la seguridad y protección del medio ambiente.

Aunque no es fácil de disponer en su totalidad de estadísticas de frecuencias de accidentes en instalaciones terrestres de almacenamiento de hidrocarburos, de acuerdo a los registros históricos, se encontraron algunos antecedentes relacionaos a las actividades que realizará el presente proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme":

Terminales y/o instalaciones de manejo de petrolíferos.

1.- Ciudad de México, 15 de marzo 2017.- Este día se registró una explosión en la Terminal de Almacenamiento y Distribución (TAD) de la Refinería de Salamanca, Guanajuato, que dejó al menos ocho heridos. PEMEX informó que tres de sus trabajadores y otros cinco externos resultaron lesionados. De acuerdo con medios locales, la explosión ocurrió alrededor de las 3 de la tarde en el área de llenaderas, frente a la puerta 4 de la refinería, localizada en la calle de Héroes de Cananea.

La empresa del Estado señaló que se realizaban maniobras de carga en un auto tanque cuando ocurrió el siniestro, que no reportó personas fallecidas ni daños materiales severos.

2.- Nombre del establecimiento: Coles Energy, Inc.

A las 4:45 de la mañana del 25 de abril del 2017 un empleado de 70 años de edad estaba haciendo una transferencia de diésel de un auto tanque a otro cuando ocurrió una explosión. El empleado estaba transfiriendo el diésel utilizando la escotilla que se encuentra en la parte superior del tanque y esta estaba siendo preparada mientras se usaba una manguera de caucho con una boquilla de latón. A causa de la temperatura. El empleado fue derribado del tráiler por la explosión quien yacía en el suelo junto al tráiler. El fuego de se extinguió por sí mismo sin ninguna intervención de los cuerpos de rescate. El empleado murió a causa de las heridas suscitadas en el accidente incluyendo quemaduras, huesos rotos y hemorragias internas.

Fuente: United States Department of Labor
Occupational and Safety Health Administration (OSHA).

3.- México: explosión en planta de Pemex en Veracruz deja 24 muertos y 18 desaparecidos. 20 abril 2016.

- Una fuerte explosión registrada en las instalaciones de la petrolera estatal mexicana Pemex en el puerto de Coatzacoalcos, en el sureño estado de Veracruz, dejó por el momento 24 muertos y 136 heridos, 13 de ellos de gravedad.

- "Sabemos que hubo una fuga. Lo que no sabemos es por qué, pero todo apunta a un accidente", dijo Anaya desde el lugar de los hechos.
- La explosión tuvo lugar alrededor de las 15:30 hora local (20:30 GMT) del miércoles en la planta de Clorados 3 del complejo Pemex y se sintió en la mayor parte del puerto.
- El gobernador de Veracruz, Javier Duarte, dijo a los medios que los desalojados podrían ser unos 2.000.
- Para este jueves el gobierno de Veracruz ordenó la suspensión de clases en los municipios vecinos al complejo petroquímico.
- Se trata de Coatzacoalcos, Minatitlán, Nanchital, Agua Dulce, Ixhuatlán del Sureste y Moloacán

Fuente: Redacción de BBC Mundo.

4.- Nombre del establecimiento: Hansen'S Quality Jerseys, Llc. Fecha del evento: 09/22/2014.

A las 06:00 a.m. el 22 de septiembre del 2014 un empleado estaba soldando un tanque de transporte de diésel que aun contenía una pequeña cantidad de diésel, durante la soldadura el tanque explotó y mato al empleado.

Fuente: United States Department of Labor
Occupational and Safety Health Administration (OSHA).

5.- Nombre del establecimiento: Adamson'S, Inc. Fecha del evento: 02/02/2011.

El 2 de Febrero de 2011, dos empleados estaban trabajando para una compañía petrolera. Uno de los empleados estaba encima del tanque transportador, en el cual se hacía una transferencia de mezclas de diésel, de aproximadamente 3,785 litros, mientras que el otro empleado estaba en el suelo. Después del llenado de aspersión en el tanque del centro con alrededor de 1,136 litros de diésel, se intentó transferir el remanente del diésel del tanque frontal del camión. El empleado iba a hacer esa labor a través del cambio de carga. El tanque frontal tenía previamente cargados 13,248 litros de gasolina. Ahora contenía vapor. Después ocurrió una explosión y como resultado el fuego consumió 3,785 litros de gasolina y 4,921 litros de diésel en el tanque del tráiler. El tanque del diésel viejo fue dañado severamente, pero aun contenía alrededor de 3,785 litros. El empleado que estaba sobre el tanque murió por causa del fuego, por parte del empleado que se encontraba en el suelo, su ropa ardió en llamas, pero logro salir solo con quemaduras menores. La causa de este accidente fue una combinación de factores ambientales, así como el descuido de los empleados por no usar el equipo necesario para evitar la acumulación de energía estática y de esta manera evitar la generación de electricidad dentro de las maniobras hechas por los empleados al momento del llenado del tanque.

Fuente: United States Department of Labor
Occupational and Safety Health Administration (OSHA).

6.- En la noche del 23 de octubre del 2009 una gran explosión ocurrió en las instalaciones de "Caribbean Petroleum Corporation" en Puerto Rico durante la descarga de gasolina de un buque tanque. Un tanque de almacenamiento de 5 millones de galones en tierra desbordándose en un dique de contención, en el cual la gasolina se separó, haciéndose un rocío formando una nube de vapor la cual se incendió cuando alcanzo una fuente de calor en el área de instalaciones correspondientes a la planta tratadora de agua.

La explosión y el fuego, junto con más explosiones secundarias tuvieron como resultado daños significantes en 17 de los 48 tanques de almacenamiento de gasolina, así como en equipo de la planta y de negocios vecinos. El fuego duro por casi 60 horas.

Las causa por la cual ocurrió este accidente fue que no se hizo bien el cálculo de llenado de los tanques de almacenamiento.

En el patrullaje de las 23:00 hr el operador de la estación de tanques observo el medidor lateral del tanque 409 durante el chequeo que se realiza cada hora, el operador llamo al supervisor quien calculó que el tanque debería de estar lleno a la 01:00 hr; sin embargo entre las 23:00 y las 00:00 durante la revisión el tanque 409 comenzó a desbordarse. A las 00:00 horas el personal de operarios se dio cuenta de una capa de neblina en el suelo y en el camino a lo largo de los tanques 504, 411 y 409. El combustible broto de las válvulas creando un roció de gasolina que formo una nube de vapor y agrupándose en el dique de contención secundario.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por agencias estatales y federales como la Junta de Calidad Ambiental, la Guardia Costanera, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), la contaminación del aire por el denso humo tóxico causó problemas respiratorios y un nocivo impacto ambiental en las zonas aledañas a CAPECO, especialmente en los municipios de Cataño, Bayamón, Toa Baja y Guaynabo (Prensa Asociada, 2009a). Revisión interna de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 11(2) Los contaminantes alcanzaron las aguas del Caño de la Malaria y del Caño Mosquito en Cataño afectando la biodiversidad del ecosistema. La EPA solicitó a la petrolera un plan de limpieza de las aguas de los Estados Unidos contaminadas por el derrame provocado por las explosiones (González, 2010). El hábitat de varias especies, algunas de ellas en peligro de extinción, fue destruido y muchos animales incluyendo peces y reptiles murieron por la explosión, el incendio y la contaminación (Alvarado León, 2009b). Por su parte, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales estableció un plazo de 30 días para que la compañía petrolera desarrollara un plan de mitigación y remediación de los daños identificados debido al derrame de hidrocarburos en el suelo y en los cuerpos de agua (Alvarado León, 2010). De acuerdo con el DRNA, dicho plan debería ser ejecutado en un periodo no mayor de seis meses. El Senado de Puerto Rico por su parte pidió examinar el estado en que se encontraban las instalaciones de la planta petrolera, sus rutinas de labores de mantenimiento y las normativas de seguridad empleadas. Más de 200 viviendas requirieron reparaciones menores y unas 10 requerían ser demolidas parcial o totalmente. La demanda presentada ante el Tribunal Federal de los Estados Unidos de América por daños y pérdidas a causa de la explosión de 2009 en nombre de cientos de habitantes y residentes perjudicados en el área de Bayamón, Cataño, Guaynabo, Toa Baja, Levittown y San Juan ascendió a los 500 millones de dólares.

Fuente: U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board Final investigation report caribbean petroleum Tank terminal explosion and multiple tank fires.

7.- El 14 de agosto del 2003 ocurrió una explosión en la Refinería de Repsol en Puertollano, Ciudad Real, España, dejando ocho muertos y dos heridos graves.

La explosión se registró en un tanque de vacío de la unidad 100 del área de refinería y conversión, que daría lugar a un intenso incendio que se extendería a otros seis tanques que contenían 8 600 metros cúbicos de gasolinas refinadas.

El momento más crítico fue al producirse una gran bola de fuego como resultó del colapso de los últimos tanques.

Como consecuencia de los trabajos de extinción el suministro de agua a la población resultó afectado en determinadas barriadas de la ciudad, especialmente en las zonas más altas. En los trabajos de extinción se utilizaron un total de 520 000 metros cúbicos de espumógenos.

8.- El 11 de noviembre de 1996 (14:00) hrs. en la Terminal Satélite Norte de PEMEX, San Juan Ixhutepec, Edo. de México ocurrió un incendio debido a la fuga de 83 000 barriles de gasolina y 2 250 barriles de producto fuera de especificación.

Las causas fue la ruptura de una válvula del sistema de inyección de espuma subsuperficial en el tanque de almacenamiento TV-8, ocasionada por el empleo de un material fuera de especificación. Así como por diversas fallas relacionadas con la aplicación de procedimientos de control de calidad y seguridad.

Para controlar el evento de utilizaron 200 000 litros de líquido formador de espuma y 6.5 millones de litros de agua; participando alrededor de 1 000 elementos de distintos cuerpos de bomberos. El evento fue totalmente controlado después de 35 hrs. de haberse iniciado.

Se reportaron 4 personas fallecidas y 15 lesionadas, evacuación de 5 000 personas, los daños materiales fueron estimados en 3 000 millones de pesos. La cantidad de emisiones contaminantes a la atmósfera fueron equivalentes al doble de lo que se emite en condiciones normales en el área metropolitana de la Cd. de México.

9.- El 19 de diciembre de 1982 en Tacoa, Venezuela una catástrofe dejo un saldo de más de 200 muertos.La planta de Tacoa situada en Arrecife, en la costa del Departamento de Vargas, cerca de Caracas en una hondonada, con viviendas a ambos lados de la montaña. La planta Tacoa es una central térmica cuyo combustible eran residuos derivados del petróleo, mezclas de crudos pesados, aceites, querosenos y gasolinas, principalmente.

Uno de los tanques, exploto y posteriormente se incendió por causas desconocidas. Los bomberos llegaron y a las dos horas lograron controlar el incendio casi por completo. Sin embargo falló el suministro de agua y el fuego se reavivo. Los residuos del tanque se derramaron sobre el tanque contiguo produciendo una enorme detonación. Una bola de fuego se elevó hacia el cielo y se esparció en un radio de 1 000 m arrasándolo todo.

Setenta bomberos murieron, cientos de familias sufrieron las consecuencias: casas, vehículos, vegetación, todo quedó arrasado por el fuego.

Ductos o Poliductos de Petrolíferos.

10.- En el año 2018 se suscitó un incidente debido a un derrame de **gasolina** de cientos de litros en la ciudad de Cuernavaca, Morelos; esto debido a una extracción clandestina de combustible en un ducto de combustible de Petróleos Mexicanos (Pemex) ubicado en la calle Tlacopan, en Ocotepec conocida también como calle Gasoducto, casi esquina con Calvario, en el Barrio de Los Dolores del poblado de Ocotepec, en el norte de Cuernavaca. El cuerpo de bomberos acudió al área para tratar de controlar el derrame y esperar al personal de Pemex, construyeron diques más abajo para contener en mismo. Personal de Pemex suspendieron el suministro de combustible por el ducto, por lo que personal de Petróleos Mexicanos comenzó a reparar el ducto.

Afortunadamente no hubo pérdidas humanas, ni afectaciones en la ciudadanía o infraestructura del poblado, ni en el medio ambiente, aunque existe riesgo para la población y grupos de emergencia, ya que al controlar una fuga de este tipo se desprenden gases que en cualquier situación, alguna chispa que se pueda generar se puede encender violentamente y pueden ocasionar otro tipo de situaciones.

Fuente: "Debate Media" (Grupo de medios con el portal de noticias más visitado en México).

11.- Durante la mañana del jueves 14 de junio del año 2018 se suscitó un incidente debido a una explosión de un ducto de **gasolina** de Pemex ubicado en el poblado Victoria, del mencionado municipio, cerca de las 10:30 horas; debido a una extracción clandestina; hubo llamaradas de casi 20 metros altura en el municipio de Omealca, Veracruz, un ducto de Pemex que era utilizado clandestinamente se incendió, provocando una llamarada de hasta 20 metros de altura en el municipio de Omealca, de acuerdo a la información de XEU Noticias, primero se registró una fuerte explosión en la zona y posteriormente el incendio. Tras unos minutos de haber alertado a los servicios de emergencia, bomberos, personal de protección civil y Seguridad Física de Pemex, ya se encontraban combatiendo el incendio, logrando sofocarlo en cuestión de minutos. El incendio ocurrió en una zona cañera, lejos de las comunidades de los municipios de Omealca, Cuichapa y Amatlán de los Reyes.

Una vez que fue extinto el incendio, se informó que no hubo lesionados y no fue necesaria la evacuación de los habitantes de la zona.

Fuente: "Debate Media" (Grupo de medios con el portal de noticias más visitado en México).

12.- El 21 de septiembre de 2017, más de 10 mil litros de diésel se derramaron en tierras de cultivo entre las comunidades Los Ramírez y el Divisadero, en Salamanca, Guanajuato.

La fuga fue denunciada por vecinos del lugar después de detectar un fuerte olor a combustible.

Guillermo Rocha, miembro de Bomberos de Salamanca, dijo que pensaron que el incidente se debió a huachicoleros en la zona.

Petróleos Mexicanos informó a través de un comunicado que la fuga de combustible se localizó en el oleoducto Tepatitlán – Salamanca, a tres kilómetros de la carretera Panamericana tramo Salamanca – Celaya.

El lugar quedó resguardado por elementos del Ejército Mexicano, Policía Federal y Seguridad Física de Pemex.

Guillermo Rocha agregó que el incidente fue provocado porque se encontraron mangueras; se vieron a varias pipas transitar por la zona.

Personal de emergencia realizó el cierre de válvulas de paso y colocaron un dique con costales de tierra para detener el derrame.

Fuente: "Foro TV" (Noticieros televisa).

13.- Día 19 de Julio de 2017. Seis hectáreas de maíz, correspondientes a cuatro productores, fueron afectadas por derrames de combustible, que se generaron por de tomas clandestinas, principalmente en los municipios de San Juan del Río y Amealco; informó el secretario de Desarrollo Agropecuario (Sedea), Tonatiuh Cervantes Curiel.

El funcionario estatal detalló que solicitarán a las autoridades de Petróleos Mexicanos (Pemex) que cumplan con la indemnización correspondiente a los agricultores, además de que analizarán la magnitud de daño causado tanto al suelo como a los cultivos.

Asimismo, indicó que entregarán los expedientes de cada cultivo dañado con hidrocarburos a la superintendencia de la empresa productiva del Estado, para que esta comience a tramitar una indemnización económica para los agricultores queretanos afectados.

Señaló que todavía no es posible determinar el grado de afectación ni el período de tiempo en que se podrá volver a sembrar, ya que no se han llevado a cabo los estudios tanto de química como de biología de suelos; dio a conocer que estas pruebas serán realizadas por el laboratorio de la Fundación Querétaro Produce o por parte de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ).

También manifestó que la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (Sedea) apoyará a estos cuatro productores tanto de San Juan del Río como de Amealco, cuyos cultivos han resultado dañados por derrames de combustible, con la entrega de insumos, fertilizantes y semillas.

Fuente: AM de Querétaro de Grupo SII Comunicaciones.

14.- El sábado 13 de mayo del año 2017 se suscitó una explosión debido a una extracción clandestina de **combustible** de ducto ubicado en el poblado de "El Mango", en el municipio de Tierra Blanca en el estado de Veracruz.

Pemex confirmo que el accidente dejo cuatro pérdidas humanas (presuntos ladrones) ya que se encontraron los cadáveres quemados y un vehículo calcinado en el lugar de la explosión, precisando que no eran sus empleados y señalaron que "El robo de combustible representa un grave riesgo para las personas, las comunidades y el medio ambiente". La empresa indicó que suspendió la presión en el ducto, apagó el incendio y está trabajando para cerrar la toma.

Fuente: "El Imparcial.com" (Diario Independiente de Sonora).

Así mismo, para poliductos de PEMEX, se encontraron datos históricos de accidentes:

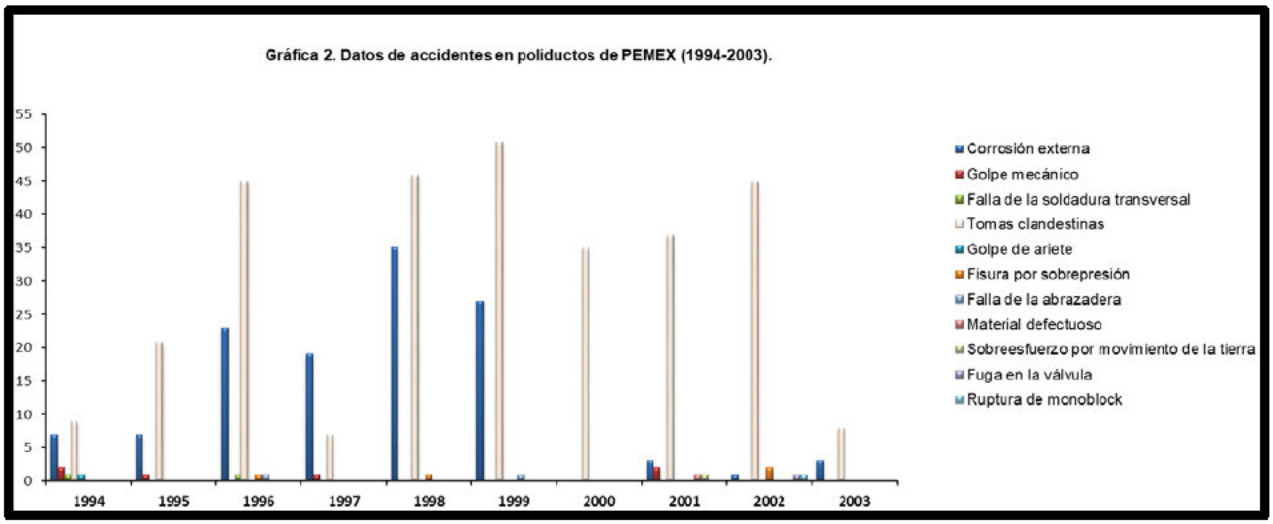


Figura IV.1. Datos de accidentes en poliductos de PEMEX (1994-2003).

Donde los datos estadísticos de causas de falla son similares entre instalaciones de gasoductos y poliductos, resaltando la falla por corrosión externa, así como la intervención de terceras personas (tomas clandestinas).

Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX, 2005.

A continuación se presenta a manera de resumen los accidentes e incidentes relacionados a las actividades de operación que se pretenden desarrollar en el proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme":

Tabla IV.1. Antecedentes de accidentes e incidentes.

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento o causa del accidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)
Terminales y/o instalaciones de manejo de petrolíferos.						
1	2017	Salamanca, Guanajuato.	Refinería Salamanca	Gasolina	Maniobras de carga.	Personal
2	2017	Ohio, Estados Unidos.	Coles Energy, Inc.	Diésel	Temperaturas elevadas.	Personal

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento o causa del accidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)
3	2016	Veracruz, México.	Pemex en el puerto de Coatzacoalcos	Gasolina	Fuga de combustible.	Poblacional, al desalojar a más de 2000 personas y suspender actividades escolares en municipios vecinos.
4	2014	Idaho, Estados Unidos.	Hansen'S Quality Jerseys, Llc.	Diésel	Chispa de soldadura.	Personal
5	2011	Texas, Estados Unidos.	Adamson'S, Inc.	Diésel y gasolina	Energía electrostática.	Personal
6	2009	Bayamón, Puerto Rico.	Caribbean Petroleum Corporation	Gasolina	Derrame de un tanque de almacenamiento causando una nube de gas.	Ambiental, por la gran quema del hidrocarburo arrojando gases de efecto invernadero. Social, por intoxicación.
7	2003	Ciudad Real, España.	Refinería Reposol	Gasolina	Causas desconocidas.	Personales, con 8 muertos y dos heridos graves.
8	1996	Estado de México, México.	Terminal Satélite	Gasolina	Ruptura en la válvula del sistema.	Personal, con 14 fallecidos, 15 lesionados y local con la evacuación de 5000 personas. Ambientales, con la emisión de contaminantes a la atmosfera fueron equivalentes al doble de los que se emite en condiciones normales en el área metropolitana de la CDMX.
9	1982	Tacoa, Venezuela.	Planta Tacoa	Gasolina	Causas desconocidas.	Locales, quedando la población con hogares y pertenencias quemadas. Ecológicas, por la combustión de componentes vegetales circundantes a la zona.
Ductos o Poliductos de Petrolíferos						
10	2018	Cuernavaca, Morelos, México	Ducto (Pemex) al norte de Cuernavaca	Gasolina	Extracción clandestina de combustible.	Riesgo a la población, a grupos de emergencia, el controlar una fuga de este tipo se desprenden gases que en cualquier situación, alguna chispa que se lleguen a generar se

No.	Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancias involucradas	Evento o causa del accidente	Nivel de afectación (personal, población, medio ambiente, entre otros)
						puede encender violentamente y ocasionar otro tipo de situaciones.
11	2018	Omealca, Veracruz, México	Ducto (Pemex) en el poblado Victoria, Omealca	Gasolina	Extracción clandestina de combustible.	No hubo lesionados y no fue necesaria la evacuación de los habitantes de la zona.
12	2017	Salamanca, Guanajuato, México	Oleoducto Tepatitlán - Salamanca	Diésel	Más de 10 mil litros de diésel se derramaron en tierras de cultivo.	Afectación en período de tiempo para volver a sembrar.
13	2017	Querétaro, México	Ducto	Combustible	Derrames de combustible, que se generaron por tomas Clandestinas.	Afectación a hectáreas de cultivo, repercutiendo en el período de tiempo para volver a sembrar.
14	2017	Tierra Blanca, Veracruz, México	Ducto	Combustible	Extracción clandestina de combustible.	Cuatro pérdidas humanas (presuntos ladrones) y un vehículo calcinado.

IV.1.3. Identificación de Peligros y de Escenarios de Riesgo.

Las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, dando la primera fase del estudio. Las técnicas comúnmente usadas para esta evaluación deben cumplir los requerimientos de análisis de riesgo contemplados en la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), EPA (Environmental Protection Agency) y la CMA (Chemical Manufacturers Association), así como en Literatura especializada como, Loss Prevention in the Process Industries. Frank P. Less, second edition.

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse accidentes e incidentes en la Terminal, las técnicas de identificación de riesgos a emplearse estarán en función de la instalación y del tipo y complejidad del proceso.

Las metodologías a utilizar se sustentan con lo establecido en la guía de la ASEA, la cual considera la aplicación de las metodologías listadas en la tabla 26 de la misma guía, en la **Tabla IV.2** se muestra lo aquí mencionado para la selección de las metodologías.

Tabla IV.2. Metodologías de Análisis Cualitativo de Riesgo.

Tipo	Nombre
Análisis de Riesgo Cualitativo	¿Qué pasa sí?
	Lista de verificación / ¿Qué pasa sí?
	Análisis de Peligros y Operabilidad (HAZOP)
	Método Muhlbauer
	Análisis de Modos de Falla y Efecto (FMEA)
	Análisis de Modos de Falla y Efecto y Criticidad (FMEAC)
	Análisis de Confiabilidad Humana (ACH)

De lo anterior, se determinó la aplicación de la metodología HazOp, con el fin de emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

Análisis Cualitativo de Riesgo.

A. HAZOP

El HazOp fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en sistemas de proceso de la industria energética para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación y/o diseño.

El Estudio de HazOp se basa en analizar, en forma metódica y sistemática, el proceso, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones, la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones de riesgo.

Para la realización del análisis de riesgo, se seleccionó la metodología HazOp por ser la más recomendable para instalaciones, en donde se identifican las desviaciones a las condiciones normales de diseño, así mismo es ampliamente usada para la identificación de peligros y evaluación de riesgos en etapas de diseño y operación.

Los aspectos complementarios en la identificación de peligros y evaluación de riesgos, utilizados en el presente análisis de riesgos, se indican a continuación:

1. HazOp. Metodología de análisis de riesgos que analiza las variables operacionales de sistemas de tuberías y equipos de proceso, para determinar las posibles desviaciones en la operación de los mismos, mediante

la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operación, y deriva en recomendaciones que son complementarias para aumentar la seguridad en la operación de la misma.

2. En la elaboración del HazOp se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Gravedad, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos seleccionada, se determina el Nivel de riesgo de cada desviación analizada.
3. Una vez identificadas las desviaciones (escenarios) que resultaron de mayor riesgo en el HazOp, se propusieron los escenarios de riesgo para realizar el análisis detallado de frecuencias y análisis de consecuencias.

4.

La información necesaria para la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos de la Terminal, se obtuvo de los DTI´s y DFP´s proporcionados por el promovente:

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

2. Registre la intención, los parámetros de diseño y las condiciones de proceso. Es decir, parámetros de diseño del equipo, condiciones de operación normales y máximas. Esto incluye típicamente la temperatura, la presión, la composición, el nivel, el flujo, etc.

3. Repase con el equipo la matriz de desviación preparada previamente para este nodo y agregue otras desviaciones si es necesario.

4. Identificar las causas o las razones por las que las desviaciones pueden ocurrir. Las causas deben ser locales en el origen, es decir, originan en el nodo bajo evaluación. Con el nodo de la alimentación o de la fuente, considere causas en aguas arriba. Donde no haya causas identificadas escribir "ninguna causa".

El estudio del HAZOP sólo considera eventos causales únicos (errores o fallas). Escenarios que requieran de analizar dos fallas separadas, dos errores de operador o una falla más un error son considerados “doble falla” y no son considerados normalmente durante un estudio de HAZOP.

Los drenes y válvulas que están normalmente cerradas, y con tapones o bridas ciegas, no son considerados fuentes de fugas. Similarmente, medidores reemplazables localizados en las tuberías con válvulas de raíz no son consideradas fuentes de fuga, si el procedimiento estándar requiere verificar que la válvula esté cerrada y el sistema al cual está conectado ya sea que este despresurizado o bien que no surja ningún riesgo debido a una fuga, o la apertura de dos válvulas en serie simultáneamente no es considerada una causa creíble para la fuga o mezcla de fluidos, etc.

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

5. Identifique las consecuencias o los resultados de las desviaciones asumiendo que los controles básicos de proceso fallan y las salvaguardas no existen. Considere las consecuencias fuera del nodo así como en el interior. Si no hay consecuencias de que preocuparse, escribir "ninguna consecuencia de preocupación".

Las Consecuencias podrán ser identificadas dentro del nodo o en todo el universo de la planta.

6. Asigne una categoría a la gravedad de las consecuencias identificadas.

7. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la desviación analizada.

8. Identifique las capas de protección contempladas en el sistema para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.

9. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo, diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

IV.1.4. JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Normalmente determinar el riesgo (probabilidad de ocurrencia de un evento indeseado por sus consecuencias) resulta ser un proceso, largo, caro y no simple. Para la jerarquización se utilizan, generalmente las matrices de riesgos o métodos de magnitud de riesgo las cuales se fundamentan en determinar valores, magnitudes o grados de riesgos como resultado de multiplicar la frecuencia de ocurrencia del evento indeseado por la magnitud de sus consecuencias.

Para este ARSH se realiza la jerarquización mediante la matriz de riesgo propuesta por el estándar / norma **MIL-STD-882E**, emitido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América (Department Of Defense) en mayo de 2012. Mas adelante, se presentan las tablas para la ponderación de probabilidad y de gravedad respectivamente.

La determinación del riesgo se hizo como se indica a continuación:

- La puntuación de gravedad se asigna a cada variación del proceso en función de la **Tabla IV.3**. La puntuación se asigna asumiendo que no hay salvaguardas establecidas, a fin de estimar los máximos daños posibles.
    - Se pondera la consecuencia para los siguientes receptores: Salud del Personal o Población, pérdidas económicas a las Instalaciones o Producción y daños al Medio Ambiente.
    - De las puntuaciones obtenidas para los receptores, se selecciona el de menor valor numérico (peores consecuencias) y es el que se utiliza para calificar la Gravedad.
- Considerando los controles y medidas de reducción de Riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) existentes en el sistema, se asigna el valor de probabilidad para cada desviación del proceso según los criterios de la **Tabla IV.4**.

Los riesgos evaluados se expresan como un Código de Evaluación de Riesgos (RAC) o una Categoría de Riesgo (CR), que es una combinación de una categoría de gravedad y un nivel de probabilidad. La **Tabla IV.6**, asigna un nivel de riesgo de Alto, Serio, Medio o Bajo para cada RAC o CR.

- La puntuación de gravedad y probabilidad se combinan para determinar la clasificación o categoría de riesgo, según lo expresado en la Matriz de Evaluación de Riesgos presentada en la **Tabla IV.5**.

Tabla IV.3. Categorías de consecuencias sugeridas. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor	Categoría	Personas / Población	Instalación / Producción	Medio Ambiente
1	Catastrófico	Puede resultar en muerte o incapacidad total permanente.	Pérdida del sistema o proceso. Pérdida monetaria igual o superior a $ 10 millones.	Irreversible impacto ambiental severo o significativo, que viola la ley o regulación.
2	Crítico	Puede resultar en discapacidad parcial, lesiones severas o enfermedad laboral que termine en la hospitalización de al menos tres personas.	Daño mayor a la propiedad o al sistema. Pérdida monetaria igual o superior a $ 1 millón pero inferior a $ 10 millones.	Reversible impacto ambiental significativo que viola la ley o regulación
3	Marginal o ligero	Puede resultar en herida o enfermedad laboral resultando en uno o más días de trabajo perdidos.	Daño menor a la propiedad o al sistema. Pérdida monetaria igual o superior a $ 100 mil pero inferior a $ 1 millón.	Reversible Impacto ambiental mitigable o moderado sin violación de la ley o regulación, donde actividades de restauración son suficientes.
4	Insignificante	Puede resultar en herida o enfermedad sin causar la pérdida de un día de trabajo.	Daño mínimo a la propiedad o al sistema, puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de lo programado. Pérdida monetaria inferior a $ 100 mil.	Impacto ambiental mínimo sin violación de la ley o norma.

Tabla IV.4. Niveles de probabilidad/frecuencia de accidente sugeridos. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor	Categoría	Definición	Expresión Cuantitativa	Calificación cualitativa
1	Frecuente	Probable que ocurra a menudo en la vida del elemento o proceso	Probabilidad mayor o igual que 10^{-1}	Se experimenta continuamente

Valor	Categoría	Definición	Expresión Cuantitativa	Calificación cualitativa
2	Probable	Ocurrirá varias veces en la vida del elemento o proceso	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-1} pero mayor que 10^{-2}.	Ocurrirá frecuentemente
3	Ocasional	Probable de que ocurra alguna vez en la vida del elemento o proceso	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-2} pero mayor o igual que 10^{-3}	Ocurrirá varias veces
4	Remoto	Poco probable pero es posible que ocurra en la vida del elemento o proceso	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-3} pero mayor que 10^{-6}.	Es poco probable, pero es razonable esperar que ocurra
5	Improbable	Improbable, puede ocurrir, o no tener experiencia en la vida del elemento o proceso.	Probabilidad de ocurrencia menor que 10^{-6}	Improbable que ocurra, pero posible.

Tabla IV.5. Matriz de Evaluación de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).

	Gravedad			
Probabilidad	**1. Catastrófica**	**2. Critico**	**3. Marginal**	**4. Insignificante**
1. Frecuente	**Alto (A1)**	**Alto (A3)**	**Serio (B7)**	**Medio (C13)**
2. Probable	**Alto (A2)**	**Alto (A5)**	**Serio (B9)**	**Medio (C16**
3. Ocasional	**Alto (A4)**	**Serio (B6)**	**Medio (C11)**	**Bajo (D18)**
4. Remoto	**Serio (B8)**	**Medio (C10**	**Medio (C14)**	**Bajo (D19)**
5. Improbable	**Medio (C12)**	**Medio (C15)**	**Medio (C17)**	**Bajo (D20)**

A	Riesgo Inaceptable	C	Aceptable con revisión
B	Riesgo Indeseable	D	Aceptable sin revisión

Tabla IV.6. Categorías de Riesgos. (MIL-STD-882E, 2012).

Valor de la evaluación	Categoría del riesgo
1 – 5	Alto
6 – 9	Serio
10 – 17	Medio
18 – 20	Bajo

Fuente: MIL-STD-882E. 2012. Standard Practice For System Safety. Normalizado por Department of Defense of the United States of America.

Fuente: Dinámica Heurística S.A. de C.V., SCRI HAZOP. Análisis de Riesgos y Operabilidad de los Procesos Version 2.5, Febrero 2015.

De acuerdo con ASEA, los escenarios o desviaciones de mayor riesgo se categorizan en las zonas de riesgo no tolerable y/o ALARP. Haciendo una equivalencia con ASEA, estas desviaciones corresponderán a las zonas de riesgo Inaceptable (Alto, A) y riesgo Indeseable (Serio, B) respectivamente.

Después de la clasificación del riesgo, los escenarios de riesgo ubicados en la zona "no tolerable" (Alto) se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional, así como la implementación de medidas de protección adicionales a las instalaciones, de igual manera, se deberá considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

IV.1.5. Aplicación de la metodología de Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgo.

Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad "HAZOP".

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 15 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, así como de los Diagramas de Flujo de Proceso.

La delimitación de los nodos de estudio se definió en común acuerdo con los integrantes del equipo evaluador de análisis de riesgo, así como con base a las etapas del proceso que desarrollará la Terminal, considerando sus características propias, en estos nodos, se reúnen los equipos y/o sistemas que cumplen funciones específicas, como el sistema de recepción de combustibles, la medición y almacenamiento, así como su bombeo y envió (despacho) del combustible para su comercialización. En la **Tabla IV.7** se enlistan los nodos seleccionados. Los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTI´s) se muestran en el **Anexo 5.**

Tabla IV.7. Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	Documentos de Referencia
1	Descarga de combustibles por Buque - Tanque; incluye Monoboya (SMP) y Pipe Line End Manifold (PLEM).	**DTI:** DTI-TAD-EMP-018-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-019-A (REV G)
2	Patín de Medición de Gasolina Magna (PM-01)	**DTI:** DTI-TAD-EMP-001-A (REV G)
3	Patín de Medición de Diésel (PM-02)	**DTI:** DTI-TAD-EMP-001-A (REV G)
4	Patín de Medición de Gasolina Premium (PM-03)	**DTI:** DTI-TAD-EMP-002-A (REV G)
5	Tanques de Diésel (TV-001 / 002 / 012) con capacidad de diseño de 114,000 bbl c/u	**DTI:** DTI-TAD-EMP-003-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-006-A (REV G)
6	Tanques de Gasolinas Premium y Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013) con capacidad de diseño de 114,000 bbl c/u	**DTI:** DTI-TAD-EMP-003-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-004-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-006-A (REV G)
7	Tanques de Etanol y/o Turbosina (TV-007 / 008) con capacidad de diseño de 30,000 bbl c/u	**DTI:** DTI-TAD-EMP-005-A (REV G)
8	Descarga de Gasolinas Premium y Magna por Carro - Tanque, incluye patín de medición PM-201.	**DTI:** DTI-TAD-EMP-020-A (REV A)
9	Descarga de Diésel por Carro – Tanque, incluye patín de medición PM-202.	**DTI:** DTI-TAD-EMP-021-A (REV A)
10	Sistema de bombeo de Gasolinas Premium y Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) con capacidad de 1,000 GPM c/u, a auto-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-008-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-009-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-010-A (REV G)
11	Sistema de bombeo de Diésel (P-503 A/B/R) con capacidad de 500 GPM c/u, a auto-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-011-A (REV G)
12	Sistema de bombeo de Gasolina Magna (P-506 A/R) con capacidad de 2,000 GPM c/u, a carro-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-024-A (REV A)
13	Sistema de bombeo de Diésel (P-507 A/R) con capacidad de 2,000 GPM c/u, a carro-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-025-A (REV A)
14	Sistema de carga de combustibles (Llenaderas 001 a 011) con capacidad de 500 GPM c/u, a auto-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-013-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-014-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-015-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-015a-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-016-A (REV G) **DTI:** DTI-TAD-EMP-017-A (REV G)
15	Sistema de carga de combustibles (Bahía 1 a 2) con capacidad de 500 GPM c/u, a carro-tanques	**DTI:** DTI-TAD-EMP-029-A (REV A) **DTI:** DTI-TAD-EMP-030-A (REV A)

Ver en el **Anexo 7 c. Análisis HAZOP**, el desarrollo de cada uno de las Hojas de trabajo HAZOP realizadas para cada Nodo, así como las fronteras establecidas para estos.

El equipo de trabajo se conformó por especialistas de las áreas de ingeniería de proceso, y mantenimiento, seguridad y protección ambiental. Las sesiones de trabajo del análisis HazOp se presentan en el **Anexo 7 c,** mismas donde se incluyen los participantes del análisis..

IV.1.6. RESULTADOS DE LA JERARQUIZACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO.

A continuación, se incluyen los resultados de la jerarquización de los escenarios (desviaciones) encontrados en el análisis cualitativo desarrollado:

Tabla IV.8. Jerarquización de los Escenarios de Riesgos Identificados.

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
1	1.01	Rotura de la manguera flotante en la conexión con el Buque-tanque	B 8 Serio	1	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
2	5.05	Válvula de alimentación MOV-011 / 013 / 031 abierta por no recibir señal del PLC	B 8 Serio	1	4	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
3	6.05	Válvula de alimentación MOV abierta por no recibir señal del PLC	B 8 Serio	1	4	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
4	7.05	Válvula de alimentación MOV abierta por no recibir señal del PLC	B 8 Serio	1	4	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
5	10.04	Sobrecalentamiento de bomba	B 6 Serio	2	3	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
6	11.04	Sobrecalentamiento de bomba	B 6 Serio	2	3	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
7	12.04	Sobrecalentamiento de bomba	B 6 Serio	2	3	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R) para Carro-Tanques	Gasolina Magna
8	13.04	Sobrecalentamiento de bomba	B 6 Serio	2	3	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Diésel
9	14.03	Falla en el sistema de control de la válvula FV	B 8 Serio	1	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
10	14.06	Ver causa 14.03	B 8 Serio	1	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
11	15.03	Falla en el sistema de control de la válvula FV	B 8 Serio	1	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
12	15.06	Ver causa 15.03	B 8 Serio	1	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
13	1.02	Paro de bomba en Buque-tanque.	C 10 Medio	2	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
14	2.02	Cierre parcial de la válvula MOV-100 / 101 a la entrada del patín de medición.	C 10 Medio	2	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
15	2.06	Válvula controladora de flujo (FCV-100 / 101) semi-cerrada debido a falla de control o instrumentación	C 10 Medio	2	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
16	1.06	Fuga parcial en manguera flotante	C 10 Medio	2	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
17	3.02	Cierre parcial de la válvula MOV-102 / 103 a la entrada del patín de medición.	C 10 Medio	2	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
18	3.06	Válvula controladora de flujo (FCV-102/ 103) semi-cerrada debido a falla de control o instrumentación	C 10 Medio	2	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
19	4.02	Cierre parcial de la válvula MOV-104 / 105 a la entrada del patín de medición.	C 10 Medio	2	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
20	4.05	Válvula controladora de flujo (FCV-104/ 105) semi-cerrada debido a falla de control o instrumentación	C 10 Medio	2	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium
21	8.01	Rotura de la manguera en la conexión con el Carro - tanque	C 10 Medio	2	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
22	9.01	Rotura de la manguera en la conexión con el Carro - tanque	C 10 Medio	2	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
23	1.04	Fallo operativo del sistema de bombeo	C 11 Medio	3	3	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
24	2.04	Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición.	C 11 Medio	3	3	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
25	3.04	Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición.	C 11 Medio	3	3	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
26	4.04	Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición.	C 11 Medio	3	3	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
27	5.04	No se despliega la alarma LALL por Bajo-Bajo Nivel en Tanque para el paro de bombas.	C 11 Medio	3	3	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
28	6.04	No se despliega la alarma LALL por Bajo-Bajo Nivel en Tanque para el paro de bombas.	C 11 Medio	3	3	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
29	7.04	No se despliega la alarma LALL por Bajo-Bajo Nivel en Tanque para el paro de bombas.	C 11 Medio	3	3	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
30	8.04	Fallo operativo del sistema de bombeo	C 11 Medio	3	3	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
31	9.04	Fallo operativo del sistema de bombeo	C 11 Medio	3	3	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
32	14.04	Saturación del filtro tipo canasta por falta de mantenimiento.	C 11 Medio	3	3	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
33	15.04	Saturación del filtro tipo canasta por falta de mantenimiento.	C 11 Medio	3	3	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
34	5.07	Falla estructural del tanque	C 12 Medio	1	5	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
35	6.07	Falla estructural del tanque	C 12 Medio	1	5	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
36	7.07	Falla estructural del tanque	C 12 Medio	1	5	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
37	1.03	Cierre de válvula en Buque-tanque.	C 14 Medio	3	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
38	1.07	Disminución en eficiencia de la bomba	C 14 Medio	3	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
39	1.08	Sobrealimentación de Bomba	C 14 Medio	3	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
40	1.09	Fuga parcial en manguera flotante	C 14 Medio	3	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
41	3.01	Cierre en falso de la Válvula MOV-102 / 103 a la entrada del patín de medición.	C 14 Medio	3	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
42	3.03	Línea de entrada al sistema obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
43	3.07	Línea de entrada al sistema parcialmente obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
44	3.08	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
45	3.09	Saturación del filtro debido a alto contenido de líquidos/sólidos en la corriente del combustible	C 14 Medio	3	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
46	1.10	Presencia de fenómeno meteorológico	C 14 Medio	3	4	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium	Gasolina Magna, Gasolina

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
							y Etanol por Buque-Tanque	Premium y Etanol
47	2.01	Cierre en falso de la Válvula MOV-100 / 101 a la entrada del patín de medición.	C 14 Medio	3	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
48	2.03	Línea de entrada al sistema obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
49	2.07	Línea de entrada al sistema parcialmente obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
50	2.08	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
51	2.09	Saturación del filtro debido a alto contenido de líquidos/sólidos en la corriente del combustible	C 14 Medio	3	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
52	4.01	Cierre en falso de la Válvula MOV-104 / 105 a la entrada del patín de medición.	C 14 Medio	3	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium
53	4.03	Línea de entrada al sistema obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium
54	4.06	Línea de entrada al sistema parcialmente obstruida o bloqueada	C 14 Medio	3	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium
55	4.07	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	4	Patín de Medición Gasolina Premium (PM-03)	Gasolina Premium
56	5.02	Cierre de Válvula MOV-012 / 014 / 032 del Tanque,	C 14 Medio	3	4	5	Tanques de Almacenamiento	Diésel

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
		debido a señal errónea del PLC					Diésel (TV-001 / 002 / 012)	
57	5.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
58	6.02	Cierre de Válvula MOV del Tanque, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
59	6.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
60	7.02	Cierre de Válvula MOV del Tanque, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
61	7.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
62	8.02	Paro del sistema de bombeo	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium	Gasolina Premium y

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
							y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Magna
63	8.03	Cierre de válvula en Carro-tanque.	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
64	8.06	Fuga parcial en manguera de descarga	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
65	8.07	Disminución en eficiencia de la bomba	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
66	8.08	Sobrealimentación de Bomba	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
67	8.09	Fuga parcial en manguera flotante	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
68	8.10	Saturación del filtro debido a alto contenido de líquidos/sólidos en la corriente del combustible	C 14 Medio	3	4	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
69	9.02	Paro del sistema de bombeo	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
70	9.03	Cierre de válvula en Carro-tanque.	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
71	9.06	Fuga parcial en manguera de descarga	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
72	9.07	Disminución en eficiencia de la bomba	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
73	9.08	Sobrealimentación de Bomba	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
74	9.09	Fuga parcial en manguera flotante	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
75	9.10	Saturación del filtro debido a alto contenido de líquidos/sólidos en la corriente del combustible	C 14 Medio	3	4	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel
76	10.01	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
77	10.03	No envía señal el transmisor de nivel en tanques para paro de bombas	C 14 Medio	3	4	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
78	10.05	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
79	10.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
80	11.01	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
81	11.03	No envía señal el transmisor de nivel en tanques para paro de bombas	C 14 Medio	3	4	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
82	11.05	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
83	11.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
84	12.01	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R)	Gasolina Magna

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
							para Carro-Tanques	
85	12.03	No envía señal el transmisor de nivel en tanques para paro de bombas	C 14 Medio	3	4	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R) para Carro-Tanques	Gasolina Magna
86	12.05	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R) para Carro-Tanques	Gasolina Magna
87	12.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R) para Carro-Tanques	Gasolina Magna
88	13.01	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Diésel
89	13.03	No envía señal el transmisor de nivel en tanques para paro de bombas	C 14 Medio	3	4	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Diésel
90	13.05	Cierre de Válvula MOV, debido a señal errónea del PLC	C 14 Medio	3	4	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Diésel

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
91	13.06	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Diésel
92	14.02	Válvula de control (FV) semi-cerrada debido a falla mecánica.	C 14 Medio	3	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
93	14.07	Recepción del combustible a alta presión térmica	C 14 Medio	3	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
94	14.08	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
95	14.09	Ver causa 14.07	C 14 Medio	3	4	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
96	15.02	Válvula de control (FV) semi-cerrada debido a falla mecánica.	C 14 Medio	3	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium,

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
								Diésel y Turbosina
97	15.07	Recepción del combustible a alta presión térmica	C 14 Medio	3	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
98	15.08	Condiciones ambientales extremas	C 14 Medio	3	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
99	15.09	Ver causa 15.07	C 14 Medio	3	4	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
100	14.01	Problemas en la alimentación de combustible al área de carga	C 17 Medio	3	5	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina
101	14.05	Ver causa 14.01	C 17 Medio	3	5	14	Sistema de Carga de Combustibles (Llenaderas 001 a la 011)	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Dieses y Turbosina

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
102	15.01	Problemas en la alimentación de combustible al área de carga	C 17 Medio	3	5	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
103	15.05	Ver causa 15.01	C 17 Medio	3	5	15	Sistema de Carga de Combustibles (Bahía 1 y2) para Carro-Tanques	Gasolina Magna, Gasolina Premium, Diésel y Turbosina
104	2.05	Filtro parcialmente obstruido	D 19 Bajo	4	4	2	Patín de Medición Gasolina Magna (PM-01)	Gasolina Magna
105	3.05	Filtro parcialmente obstruido	D 19 Bajo	4	4	3	Patín de Medición Diésel (PM-02)	Diésel
106	5.01	Cierre de Válvula MOV-011 / 013 / 031 de alimentación, debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
107	5.03	Válvula MOV-011 / 013 / 031 de alimentación semi-cerrada debido a falla mecánica.	D 19 Bajo	4	4	5	Tanques de Almacenamiento Diésel (TV-001 / 002 / 012)	Diésel
108	6.01	Cierre de Válvula MOV de alimentación, debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
109	6.03	Válvula MOV de alimentación semi-cerrada debido a falla mecánica.	D 19 Bajo	4	4	6	Tanques de Almacenamiento Gasolina Premium y Gasolina Magna (TV-003 / 004 / 005 / 010 / 011 y TV-006 / 013)	Gasolina Premium y Gasolina Magna
110	7.01	Cierre de Válvula MOV de alimentación, debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
111	7.03	Válvula MOV de alimentación semi-cerrada debido a falla mecánica.	D 19 Bajo	4	4	7	Tanques de Almacenamiento para Etanol y/o Turbosina (TV-007/008)	Etanol y/o Turbosina
112	10.2	Paro no programado de bombas debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	10	Sistema de Bombas Gasolina Premium y Gasolina Magna (P-501 A/B/C/R y P-502 A/B/R) para Auto-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
113	11.02	Paro no programado de bombas debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	11	Sistema de Bombas Diésel (P-503 A/B/R) para Auto-Tanques	Diésel
114	12.02	Paro no programado de bombas debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	12	Sistema de Bombas Gasolina Magna (P-506 A/R) para Carro-Tanques	Gasolina Magna

No.	Clave del escenario identificado	Descripción del escenario identificado	Nivel de riesgo	Consecuencia	Frecuencia	Identificación del nodo o sistema	Nombre de la instalación	Sustancia involucrada
115	13.02	Paro no programado de bombas debido a señal errónea del PLC	D 19 Bajo	4	4	13	Sistema de Bombas Diésel (P-507 A/R) en Llenadora para Carro-Tanques	Díesel
116	1.05	Obstrucción de manguera flotante	D 20 Bajo	4	5	1	Descargadera Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol por Buque-Tanque	Gasolina Magna, Gasolina Premium y Etanol
117	8.05	Obstrucción de manguera de descarga	D 20 Bajo	4	5	8	Descargadera Gasolina Premium y Gasolina Magna por Carro-Tanques	Gasolina Premium y Gasolina Magna
118	9.05	Obstrucción de manguera de descarga	D 20 Bajo	4	5	9	Descargadera Diésel por Carro-Tanques	Diésel

De acuerdo a los resultados de las Hojas de Trabajo HAZOP, se obtuvieron 118 desviaciones (escenarios) con niveles Bajo, Medio y Serio, repartidos de la siguiente manera; 15 con categoría de riesgo "Bajo", 91 con categoría "Medio" y 12 de riesgo "Serio". De acuerdo a lo anterior, el 90% de los riesgos encontrados, no se categorizan en las zonas de riesgo no tolerable y/o ALARP.

Cabe señalar que durante la jerarquización de riesgos, para la ponderación de las frecuencias, se consideraron los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras), mientras que para la ponderación de las consecuencias, no se consideraron estos controles y medidas de reducción de riesgos, específicas para mitigar las consecuencias de los escenarios de riesgo identificados, a fin de estimar los máximos daños posibles, lo anterior, en observancia de la guía para la elaboración de Análisis de Riesgo del sector Hidrocarburos.

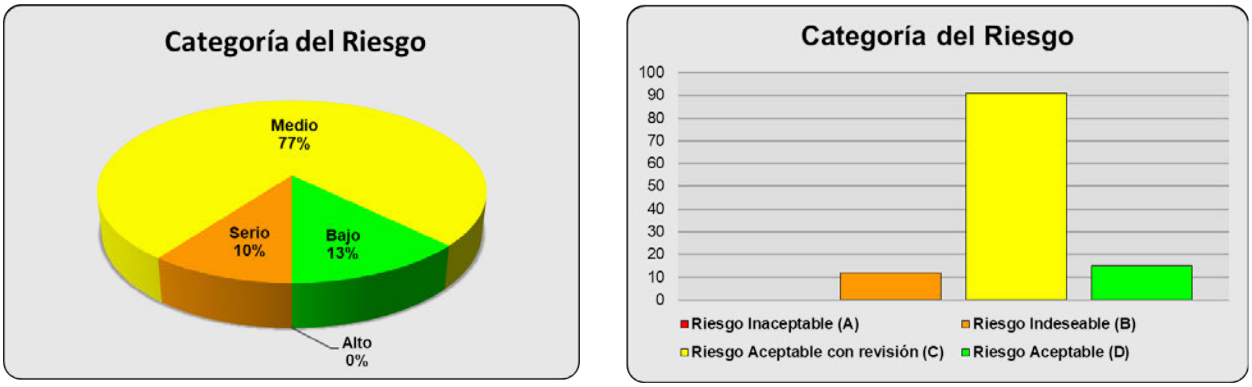


Figura IV.2. Graficas de los Resultados de la Jerarquización de escenarios.

IV.2. Análisis Cuantitativo de Riesgo.

Una vez concluido el análisis cualitativo de riesgo en los numerales anteriores, se han encontrado 12 escenarios de riesgo ubicados en la región Tipo "B - Serio" definidos como ALARP, mientras que no se identificaron tipo "A - Alto" definidos como No tolerables. Estos escenarios de riesgo, se considerarán para un análisis cuantitativo de riesgo, el cual se compone de la evaluación detallada de frecuencias y de la evaluación detallada de consecuencias.

IV.2.1. Análisis Detallado de Frecuencias.

Para desarrollar el análisis detallado de frecuencias se aplicará la metodología de Árbol de Fallas, esto debido a que la metodología nos proporciona por un lado, la frecuencia de ocurrencia de la falla y por otro lado, nos permite conocer cuáles son los elementos relacionados y que contribuyen a que la falla se presente.

A continuación se enlistan los escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias.

Tabla IV.9. Escenarios seleccionados para el análisis de frecuencias

Nodo / Desviación	Descripción del Escenario		Frecuencia
1 / 1.01	Sin flujo	Derrame de combustible en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión con el Buque-tanque	4
5 / 5.05	Alto nivel	Sobrellenado del tanque que provoca derrame de Diésel, debido a error en la señal para cierre de válvula de alimentación MOV	4
6 / 6.05	Alto nivel	Sobrellenado del tanque que provoca derrame de Gasolina, debido a error en la señal para cierre de válvula de alimentación MOV	4
7 / 7.05	Alto nivel	Sobrellenado del tanque que provoca derrame de Etanol y/o Turbosina, debido a error en la señal para cierre de válvula de alimentación MOV	4
10 / 10.04	Alto flujo	Fuga de combustible por sellos mecánicos de la bomba P-501 A/B/C/R y/o P-502 A/B/R debido a los daños originados por el sobrecalentamiento del equipo	3
11 / 11.04	Alto flujo	Fuga de combustible por sellos mecánicos de la bomba P-503 A/B/R debido a los daños originados por el sobrecalentamiento del equipo	3
12 / 12.04	Alto flujo	Fuga de combustible por sellos mecánicos de la bomba P-506 A/R debido a los daños originados por el sobrecalentamiento del equipo	3
13 / 13.04	Alto flujo	Fuga de combustible por sellos mecánicos de la bomba P-507 A/R debido a los daños originados por el sobrecalentamiento del equipo	3
14 / 14.03 y 14.06	Alto flujo	Sobrellenado del auto-tanque que provoca derrame de combustible, debido a falla en el sistema de control de la válvula FV.	4
15 / 15.03 y 15.06	Alto flujo	Sobrellenado del carro-tanque que provoca derrame de combustible, debido a falla en el sistema de control de la válvula FV.	4

B. ÁRBOL DE FALLAS.

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de probabilidades de ocurrencia de algún evento y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular, apoyado en la cuantificación de los riesgos involucrados.

El árbol de fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean éstos, fallas humanas o de equipos del proceso y sucesos externos, principalmente. El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar un suceso culminante que ocupa la cúspide del árbol.

De manera sistemática y lógica se representan las combinaciones de las situaciones que pueden dar lugar a la producción del "Evento Top", conformando niveles sucesivos de tal manera que cada suceso esté generado a partir de sucesos del nivel inferior, siendo el nexo de unión entre niveles la existencia de "operadores o puertas lógicas (OR y AND)".

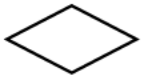
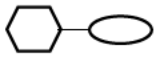
El árbol se desarrolla en sus distintas ramas hasta alcanzar una serie de "sucesos básicos", denominados así porque no precisan de otros anteriores a ellos para ser explicados. También alguna rama puede terminar por alcanzar un "suceso no desarrollado" en otros, sea por falta de información o por la poca utilidad de analizar las causas que lo producen.

Puede ser un complemento de otras técnicas de análisis de riesgos, como ya se mencionó, para analizar un evento con alto grado de riesgo encontrados con otras técnicas como el HAZOP.

El Análisis de Árbol de Fallas descompone un accidente en sus elementos contribuyentes, ya sean estas fallas humanas, de equipos de planta o sucesos externos, etc.

El resultado es una representación lógica en la que aparecen cadenas de sucesos capaces de generar el suceso culminante que ocupa la cúspide de Árbol de Fallas. Para la representación lógica se utiliza la simbología que se muestra en la **Tabla IV.10.**

Tabla IV.10. Simbología Utilizada por el Análisis de Árbol de Fallas.

Símbolo	Aplicación
	Sucesos intermedios: Resultan de la interacción de otro suceso, que a su vez se desarrolla mediante puertas lógicas.
	Sucesos Básicos: Constituyen la base de la raíz del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.
	Sucesos no desarrollados: No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario o no se dispone de la suficiente información
	Puerta "O" Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más sucesos de entrada para producir el proceso de salida.
	Puerta "Y" Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los signos de entrada para producir el proceso de salida
	Puerta inhibición: Representa la operación lógica que requiere la ocurrencia del suceso de entrada y la satisfacción de una condición de inhibición
	Condición externa: Se utiliza para indicar la condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolló el árbol de fallas.
	Transferencia: Se utilizan para continuar el desarrollo del árbol de fallas en otra parte (por ejemplo, en otra página por falta de espacio).

La metodología empleada consiste en representar cada interrelación con un símbolo del álgebra de Boole.

Si para la ocurrencia de un evento se requiere que dos o más condiciones se cumplan simultáneamente, se utiliza el símbolo "AND" y si para la ocurrencia sólo se requiere que una de dos o más condiciones se cumpla, se usa la compuerta "OR". Multiplicando y/o sumando todas las probabilidades de los eventos contribuyentes unidos mediante una misma compuerta "AND" o "OR", se obtiene la probabilidad del evento del siguiente nivel jerárquico.

En este caso de analizar los modos y efectos de fallas en el Proyecto se utilizan modelos de fallas de componentes y se analizan sus efectos potenciales a partir de parámetros disponibles en información bibliográfica especializada, para cada tipo de fallas.

El árbol de fallas es un diagrama lógico que muestra las interrelaciones entre el evento no deseado en un sistema (efecto) y las razones para el evento (causas). Las razones pueden ser condiciones ambientales o eventos normales que se espera que ocurran en la vida del sistema y fallas de componentes específicos. Así, un árbol de fallas construido coherentemente muestra las diferentes combinaciones de fallas y otros eventos los cuales pueden guiar a un evento no deseado.

Para la determinación del valor de probabilidad en los sistemas que conforman el Proyecto, se recurrió a un árbol de falla, que contenga los elementos de mayor ponderación al riesgo, determinados en el análisis HazOp.

Mediante la asignación de probabilidades de cada evento que pueda tener participación en el riesgo, la probabilidad de su ocurrencia puede ser calculada. Una vez procesados los datos se obtiene la probabilidad de ocurrencia de un evento final. Las probabilidades pueden ser clasificadas de varias formas, como se muestran en la **Tabla IV.11:**

Tabla IV.11. Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Orden de magnitud	Cuantitativo	Expresión intuitiva: Duración fallo / Tiempo total	Calificación (Cualitativa)
10^{-1}	0.1	1 mes / año	Muy probable
10^{-2}	0.01	4 días / años	Probable
10^{-3}	0.001	1 turno / año	Medianamente probable
10^{-4}	0.0001	2 turno / 5 años	Improbable
10^{-5}	0.00001	1 hora / 10 años	Remotamente probable
10^{-6}	0.000001	1 hora / 100 años	Muy improbable

Fuente: Health and Safety Briefing No 26a Sept. 2004.

The Institution of Electrical Engineers.

Se realizó el árbol de fallas para accidentes a causa de fallas en los equipos, sobrepresión, entre otros y se obtuvo la información de las probabilidades de falla de los componentes involucrados en los posibles escenarios, y de esta manera, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos. En las **Figuras IV.3, IV.4 y IV.5** se plasman los árboles de falla para las desviaciones que ocasionan una Fuga o derrame de combustibles.

Para mayor detalle anexo 8. Árbol de fallas

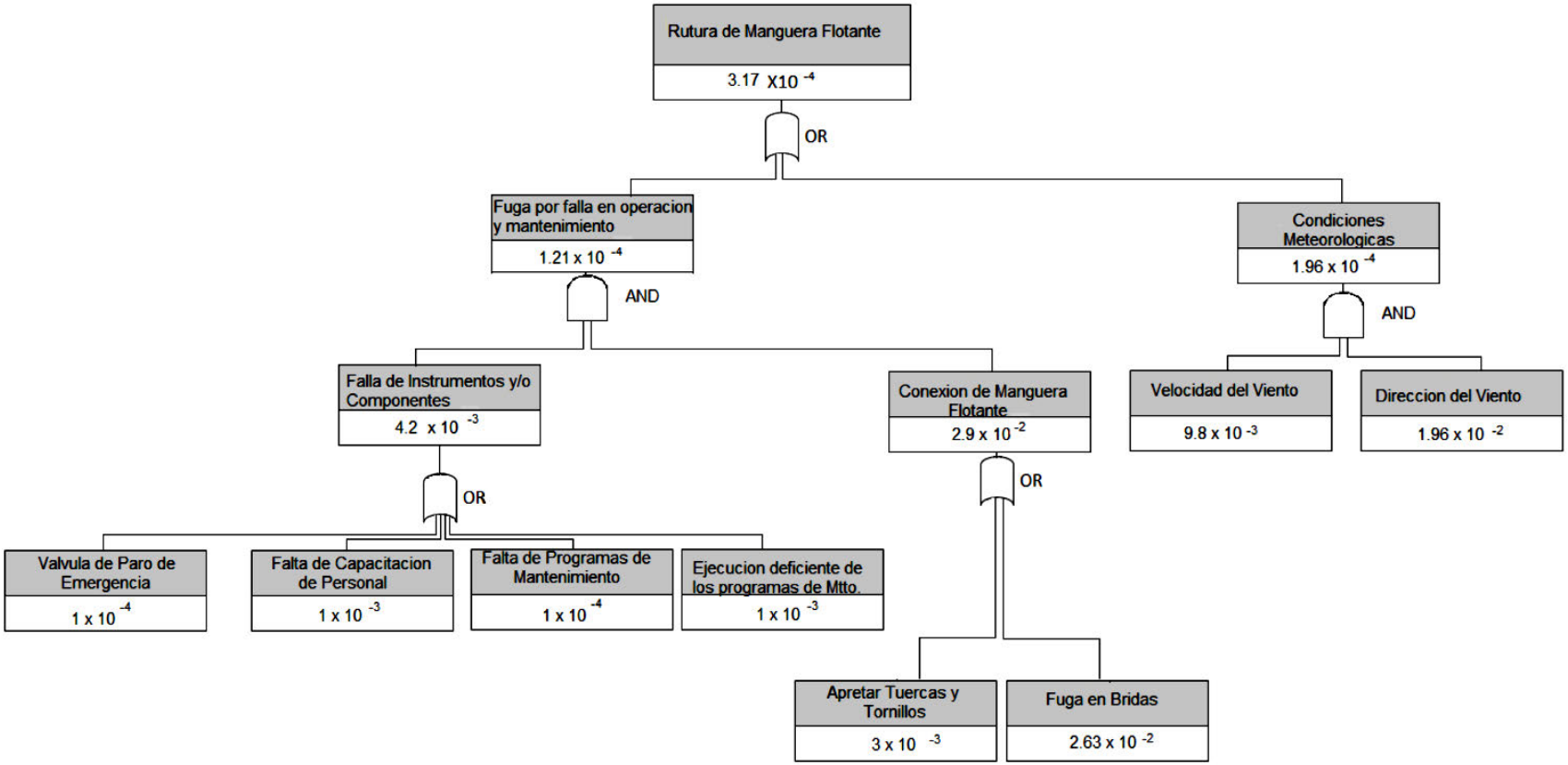
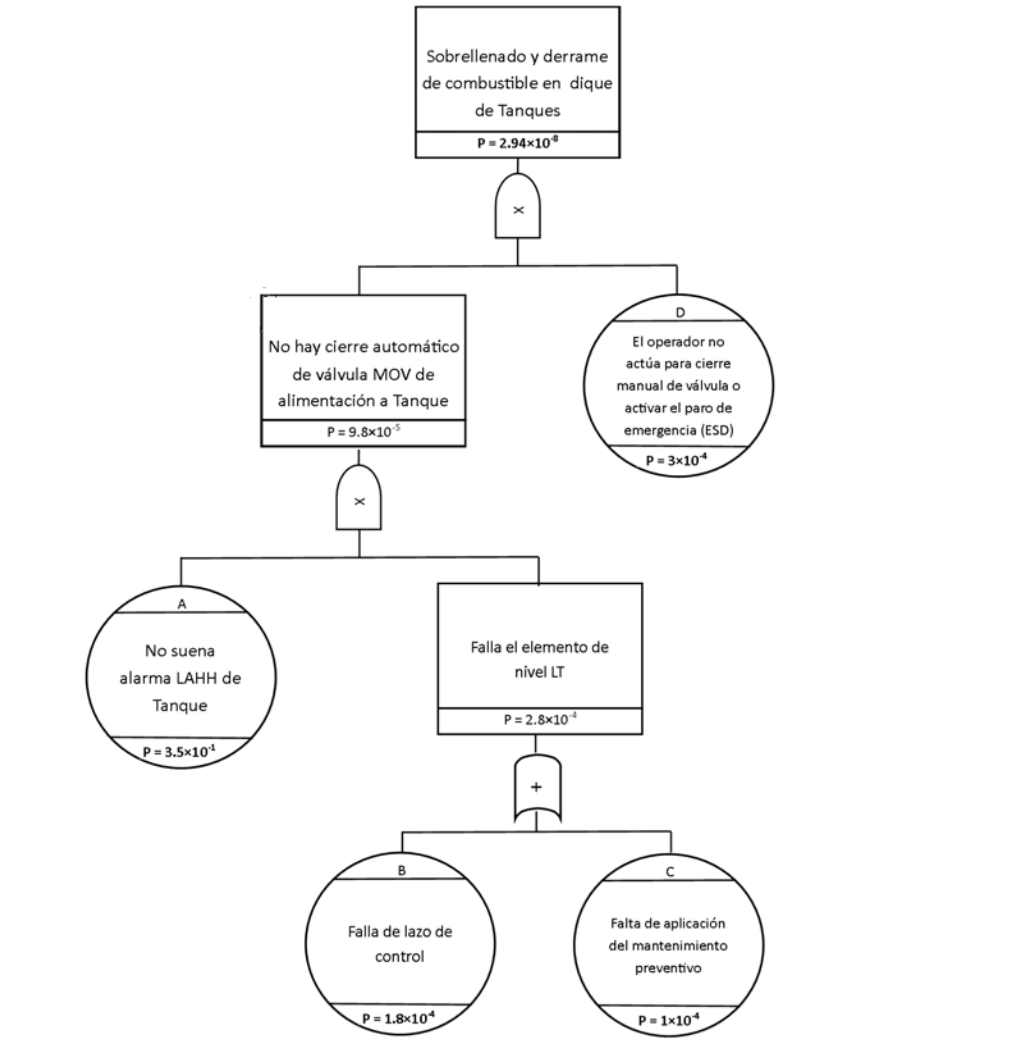


Figura IV.3. Árbol de Fallas del escenario 1.01, del Nodo 1. Derrame de combustible por rotura de manguera flotante.



Referencias

Storch de Gracias, J (2008) "Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas"

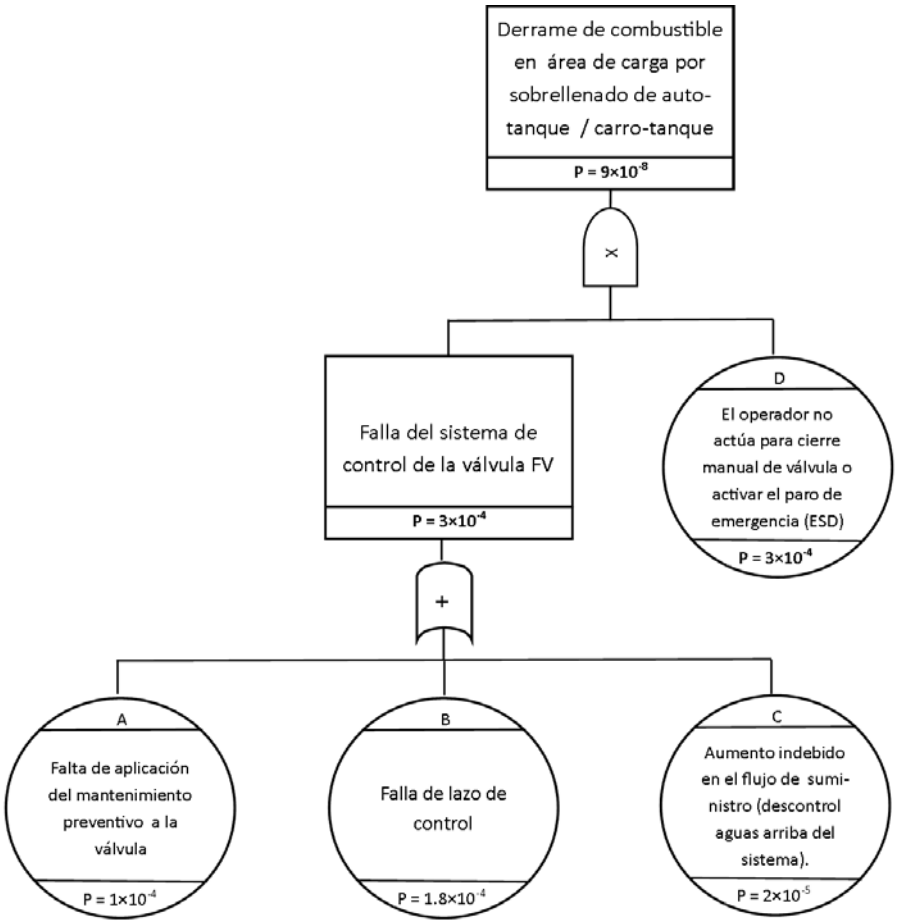
Haasl, David F. (1981) "Fault tree handbook"

U.S. Nuclear Regulatory Commision (1975) "Reactor Safety Study (WASH 1400)"

HSE (2012) "Failure rate data for use within risk assessments"

Lees, Frank. (2004). "Loss Prevention in the Process Industries". 3rd Edition., Hazard Identification, Assessment and Control.

Figura IV.4. Árbol de Fallas del escenario 5.05, 6.05 y 7.05 de los Nodos 5, 6 y 7 respectivamente. Sobrellenado de Tanque de Almacenamiento.



Referencias

Storch de Gracias, J (2008) "Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas"

Haasl, David F. (1981) "Fault tree handbook"

U.S. Nuclear Regulatory Commision (1975) "Reactor Safety Study (WASH 1400)"

HSE (2012) "Failure rate data for use within risk assessments"

Lees, Frank. (2004). "Loss Prevention in the Process Industries". 3rd Edition., Hazard Identification, Assessment and Control.

Figura IV.5. Árbol de Fallas del escenario 14.03, 14.06, 15.03 y 15.06 de los Nodos 14 y 15. Falla de la válvula FV que controla el flujo de combustible al auto-tanque / carro-tanque.

Para los escenarios 10.04, 11.04, 12.04 y13.04 de los Nodos 10, 11, 12 y 13., no fue necesario desarrollar árbol de falla, ya que se encontraron las probabilidades de falla para el tipo de fallo descrito en la desviación:

1. Escenario 10.04, 11.04, 12.04 y13.04; Fuga de combustible en sistema de bombeo, a causa de la falla de los sellos mecánicos del equipo: probabilidad de Falla de **$1X10^{-3}$**

Storch de Gracias, J (2008) "Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas"

Haasl, David .F. (1981) "Fault tree handbook"

U.S. Nuclear Regulatory Commision (1975) "Reactor Safety Study (WASH 1400)"

HSE (2012) "Failure rate data for use within risk assessments"

Lees, Frank. (2004). "Loss Prevention in the Process Industries". 3rd Edition., Hazard Identifi-cation, Assessment and Control.

IV.2.2. Análisis Detallado de Consecuencias.

Una vez desarrollados los numerales anteriores y seleccionado los escenarios de riesgo, se realiza la elaboración del análisis de consecuencias, estos escenarios serán presentados de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4.2.2 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA. Ver Catalogo de escenarios en **Tabla IV.12**.

A continuación, se mencionan las consideraciones generales para el programa de simulación matemática:

- Las composiciones de los combustibles se especifican en las hojas de datos de seguridad (HDS).
- El tiempo de duración de la fuga está concebido como el tiempo de cierre de los sistemas de bloqueo en la instalación para atención del evento. Dentro de los sistemas se tiene un sistema de cierre automático. El sistema automático corresponde al sistema de paro de emergencia, mandando a cierre las válvulas de corte o aislamiento de las áreas.
- Las condiciones meteorológicas serán bajo el siguiente criterio:
  - Estabilidad pasquil: 1.5 / F
  - Temperatura máxima ambiental: 23.8°C
  - Humedad relativa: 71.2 %
  - Velocidad del Viento: 8.34 m/s
  - Dirección del viento: SO-NE
  - Las condiciones ambientales y meteorológicas permanecen constantes durante el tiempo del evento.
- El flujo volumétrico para cada escenario simulado es el equivalente de la capacidad de cada componente o elemento del proyecto.
- Las condiciones de operación fueron establecidas de acuerdo con el DFP y DTI´s.

Tabla IV.12. Escenarios de Riesgo Propuestos.

No	Clave de escenario (Nota 1)	Descripción del escenario identificado	Correspondencia de Escenario en HAZOP	Nivel de Riesgo	Diámetro de fuga (pulgadas)	Presión (kg/cm²)	Temperatura (°C)	Flujo volumétrico GPM	Duración de la fuga (segundos)	Tasa de masa liberada (kg/s)	Inventario (kg)
1	E1-N05-PC-TFE.	Derrame de 39,720 litros (39.72 m³) de Diésel por el llenado excesivo del Tanque (TV-001/002), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	Nodo 5, desviación 5.05	Serio (B)	**Ver Nota 2**	5.2 (Presión de entrada al tanque).	25	5,250 (331 lts/s) (Flujo de entrada al tanque)	120	281.35 kg/s	33,762
2	E2-N06-PC-TFE.	Derrame de 79,488 litros (79.488 m³) de Gasolina por el llenado excesivo del Tanque (TV-003/004/005/006), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	Nodo 6, desviación 6.05	Serio (B)	**Ver Nota 3**	5.2 (Presión de entrada al tanque).	25	10,500 (662.4 lts/s) (Flujo de entrada al tanque)	120	450.432 kg/s	54,051.84
3	E3-N07-PC-TFE.	Derrame de 30,283.2 litros (30.283 m³) de Etanol por el llenado excesivo del Tanque (TV-007), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	Nodo 7, desviación 7.05	Serio (B)	**Ver Nota 4**	5.2 (Presión de entrada al tanque).	25	4,000 (252.36 lts/s) (Flujo de entrada al tanque)	120	199.11	23,893.4
4	E4-N07-PC-TFE.	Derrame de 30,283.2 litros (30.283 m³) de Turbosina por el llenado excesivo del Tanque (TV-008), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	Nodo 7, desviación 7.05	Serio (B)	**Ver Nota 4**	5.2 (Presión de entrada al tanque).	25	4,000 (252.36 lts/s) (Flujo de entrada al tanque)	120	211.98	25,437.8
5	E5-N10-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-501 / P-502), debido a fallo en los sellos mecánicos	Nodo 10, desviación 10.04	Serio (B)	0.5"	5	25	1,000 (63.09 lts/s)	60	2.22564E+000	133.53

No	Clave de escenario (Nota 1)	Descripción del escenario identificado	Correspondencia de Escenario en HAZOP	Nivel de Riesgo	Diámetro de fuga (pulgadas)	Presión (kg/cm^2)	Temperatura (°C)	Flujo volumétrico GPM	Duración de la fuga (segundos)	Tasa de masa liberada (kg/s)	Inventario (kg)
		del equipo. Área de Auto-tanques.									
6	E6-N11-CMP-TFE.	Fuga de Diésel (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-503), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques	Nodo 11, desviación 11.04	Serio (B)	0.5"	5	25	500 (31.54 lts/s)	60	2.27391E+000	136.43
7	E7-N12-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-506), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Carro-tanques	Nodo 12, desviación 12.04	Serio (B)	0.5"	5	25	2,000 (126.18 lts/s)	60	2.22564E+000	133.53
8	E8-N14-CMP-TFE.	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del auto-tanque.	Nodo 14, desviación 14.03	Serio (B)	4"	3	25	500 (31.54 lts/s)	60	1.10339E+002	6,620.34
9	E9-N15-CMP-TFE.	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del carro-tanque.	Nodo 15, desviación 15.03	Serio (B)	3"	3	25	500 (31.54 lts/s)	60	6.20656E+001	3,723.93
10	E10-N01-PC-TFE. **Ver Nota 5**	Derrame de Diésel en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y monoboya	Nodo 1, desviación 1.01	Serio (B)	12"	5.2	25	Flujo constante de 2566 m^3/h	15	27.22	408.3 kg
11	E11-N01-PC-TFE. **Ver Nota 5**	Derrame de Gasolina en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y monoboya	Nodo 1, desviación 1.01	Serio (B)	12"	5.2	25	Flujo constante de 2566 m^3/h	15	27.22	408.3 kg

Nota 1. Claves de escenarios; **E1** (Número consecutivo del Escenario propuesto). **N01** (Número del nodo evaluado en metodología cualitativa). **PC** (Tipo de caso): **CMP**: Caso Más Probable y/o **PC**: Peor caso (considerando la gravedad de las consecuencias, liberación masiva, rotura total de tubería/ducto y/o recipiente/equipo). **TFE** (Clave asignada al proyecto de la Terminal de Fluidos De Empalme).

Nota 2. En el escenario 1 (E1-N05-PC-TFE.), el derrame queda contenido en el dique que se tiene como medida preventiva. Dique con superficie de 10,000 m^2 X 1.20 m de altura (altura mínima de dique), y capacidad de 12,000 m^3. La duración de la fuga se considera durante 120 segundos, tiempo estimado para que el personal operativo actúe y cierre manualmente las válvulas de corte o aislamiento de las áreas.

Nota 3. En el escenario 2 (E2-N06-PC-TFE.), el derrame queda contenido en el dique que se tiene como medida preventiva. Dique con superficie de 6,162.5 m^2 X 1.20 m de altura (altura mínima de dique), y capacidad de 7,395 m^3. La duración de la fuga se considera durante 120 segundos, tiempo estimado para que el personal operativo actúe y cierre manualmente las válvulas de corte o aislamiento de las áreas.

Nota 4. En los escenarios 3 y 4 (E3-N07-PC-TFE y E4-N07-PC-TFE.), el derrame queda contenido en el dique que se tiene como medida preventiva. Dique con superficie de 2750 m^2 X 1.20 m de altura (altura mínima de dique), y capacidad de 3,300 m^3. La duración de la fuga se considera durante 120 segundos, tiempo estimado para que el personal operativo actúe y cierre manualmente las válvulas de corte o aislamiento de las áreas.

Nota 5: Solo se calcula la tasa de emisión de combustible. La tasa de emisión de fuga es de: 27.22 kg/s. La activación de los sistemas de shut down es de 15 segundos después de ocurrido el derrame. Cada escenario se simuló en dos temporadas climáticas representativas de la hidrodinámica dominante en el sitio de estudio (verano e invierno).

Derivado de los escenarios seleccionados para las simulaciones, se presentan los datos empleados en cada escenario y los resultados para cada evento de riesgo de acuerdo con el Anexo 2 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA, presentando los criterios técnicos para determinar los datos alimentados al simulador, presiones, temperaturas de operación y los diámetros del orificio considerados.

Así mismo, para poder definir los límites de las zonas de riesgo y zonas de seguridad entorno a los escenarios simulados, se utilizan los criterios determinados en la Tablas 31 de la Guía para elaboración de análisis de riesgo del sector hidrocarburos de la ASEA.

Tabla IV.13. Parámetros para la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.

	Zona de alto riesgo por daño a equipos	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Rango de 12.5 KW/m^2 a 37.5 KW/m^2	5.0 KW/m^2	1.4 KW/m^2
Explosividad (Sobrepresión)	Rango de 3 lb/in^2 a 10 lb/in^2	1.0 lb/in^2 (0.070 kg/cm^2)	0.5 lb/in^2 (0.035 kg/cm^2)

Datos empleados en cada escenario:

I. Datos Generales									
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.			**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7		
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme								
II. Datos del escenario									
Clave	E1-N05-PC-TFE.					**Peor Caso**	●		
						Caso más Probable			
						Caso Alterno			
Descripción	Derrame de 39,720 litros (39.72 m3) de Diésel por el llenado excesivo del Tanque (TV-001/002), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación..								
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.								
Modelo(s) Empleado(s) en la simulación									
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión			
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		Nube tóxica			
III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia	Diésel								
Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m^3)**
Diésel	N/D	N/D	100	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	850
IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación									

Tipo de recipiente							
Cilindro	●	Esfera		Tubería		Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)	40.8 m			Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5.2 kg/cm2	25 °C	5,250 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica	●	Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro		Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	

Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	120 s
Continua	●	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	33,762 kg
Masiva		Altura (m)		Tasa de liberación (kg/s)	281.35 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)							
	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Charco de fuego (Pool fire)	---- m	102.36 m	200.21 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	Fecha	12/2020	Software de simulación	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	E2-N06-PC-TFE.	Peor Caso	●
		Caso más Probable	
		Caso Alterno	

Descripción	Derrame de 79,488 litros (79.488 m3) de Gasolina por el llenado excesivo del Tanque (TV-003/004/005/006), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.	

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación

Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas

Nombre de la Sustancia	Gasolina

Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m3)**
Aromáticos			32.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	680
Olefinas			12.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Benceno			2.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Hexano			1.02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Tolueno			0.69	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación

Tipo de recipiente

Cilindro	●	Esfera		Tubería		Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)	**40.8**			Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			**Estado fisico**		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5.2 kg/cm2	25 °C	10,500 GPM	●		

Tipo de fuga		**Características del orificio de fuga**		**Dirección de la fuga**	
Falla catastrófica	●	Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro		Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	

Tipo de liberación		**Punto de fuga**		**Tiempo estimado de liberación (s)**	120 s
Continua	●	Elevación (m)		**Inventario fugado (kg)**	54,051.84 kg
Masiva		Altura (m)		**Tasa de liberación (kg/s)**	450.432 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo

Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---

Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión			
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento	
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2	
Charco de fuego (Pool fire)	191.42 – 113.86 m	282.38 m	487.41 m					

I. Datos Generales

Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario

Clave	**E3-N07-PC-TFE**	**Peor Caso**	●
		Caso más Probable	
		Caso Alterno	
Descripción	Derrame de 30,283.2 litros (30.283 m3) de Etanol por el llenado excesivo del Tanque (TV-007), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación

Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)		Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas

Nombre de la Sustancia	Etanol

Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Etanol	N/D	N/D	N/D	3.3	19	N/D	1900 mg/m3 (1000 ppm)	N/D	789

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación

Tipo de recipiente

Cilindro	●	Esfera		Tubería		Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)	21.3			Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5.2 kg/cm2	25 °C	4,000 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica	●	Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro		Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	
Tipo de liberación		**Punto de fuga**		**Tiempo estimado de liberación (s)**	120 s
Continua	●	Elevación (m)		**Inventario fugado (kg)**	23,893.4 kg
Masiva		Altura (m)		**Tasa de liberación (kg/s)**	199.11 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	**Otro**	**Zona de seguridad**		**Clase de evento**	**Otro**	**Zona de seguridad**	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	**Alto Riesgo**	**Amortiguamiento**		**Alto Riesgo (daño a equipos)**	**Alto Riesgo**	**Amortiguamiento**
	12.5-37.5 kW/m2	**5 kW/m2**	**1.4 kW/m2**		**3-10 lb/cm2**	**1 lb/cm2**	**0.5 lb/cm2**
Chorro de fuego (Jet fire)	68.83 – 36.41 m	100.16 m	168.32 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	**E4-N07-PC-TFE**	**Peor Caso**	●
		Caso más Probable	
		Caso Alterno	
Descripción	Derrame de 30,283.2 litros (30.283 m3) de Turbosina por el llenado excesivo del Tanque (TV-008), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación							
Dardo de fuego (jet fire)		Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de		Flamazo de nube de		Explosión de nube		Nube tóxica	

fuego (fire ball)		vapor (flash fire)		de vapor no confinada (UVCE)			

III. Sustancias Involucradas

Nombre de la Sustancia	Turbosina

Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m3)
Turbosina	N/D	N/D	100	0.6	3.7	N/D	N/D	N/D	840

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación

Tipo de recipiente

Cilindro	●	Esfera		Tubería		Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)	**21.3**			Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5.2 kg/cm2	25 °C	4,000 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica	●	Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro		Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	

Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	120 s
Continua	●	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	25,437.8 kg
Masiva		Altura (m)		Tasa de liberación (kg/s)	211.98 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo

Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Chorro de fuego (Jet fire)	34.85 – N/D m	60.97 m	125.18 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	**E5-N10-CMP-TFE.**	**Peor Caso**	
		Caso más Probable	●
		Caso Alterno	
Descripción	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-501 / P-502), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques.		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación							
Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	●	Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia	Gasolina								
Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m3)**
Aromáticos	N/D	N/D	32.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	680
Olefinas	N/D	N/D	12.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Benceno	N/D	N/D	2.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Hexano	N/D	N/D	1.02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Tolueno	N/D	N/D	0.69	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación							
Tipo de recipiente							
Cilindro		Esfera		Tubería		Otro:	**Fuga interna del equipo**
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	**0.5 pulgadas**
Diámetro (m)				Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			**Estado fisico**		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5 kg/cm2	**25 °C**	**1,000 GPM**	●		

Tipo de fuga		**Características del orificio de fuga**		**Dirección de la fuga**	
Falla catastrófica		Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	**0.5 pulgadas**	Horizontal	●
Orificio en Cuerpo o Tubería	●	Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	
Tipo de liberación		**Punto de fuga**		**Tiempo estimado de**	**60 s**

				liberación (s)	
Continua	●	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	133.53 kg
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	2.22564E+000 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Charco de fuego (Pool fire)	32.65 – 27.07 m	39.59 m	55.46 m	Ignición tardía (explosión)	72.58 – 66.16 m	85.80 m	102.39 m
Chorro de fuego (Jet fire)	86.84 – 53.57 m	123.67m	206.85 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	Fecha	12/2020	Software de simulación	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	E6-N11-CMP-TFE	Peor Caso	
		Caso más Probable	●
		Caso Alterno	
Descripción	Fuga de Diésel (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-503), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación							
Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	●	Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia	Diésel								
Componente	% mol	% peso	% Vol.	LFL %	UFL %	IDLH ppm	TLV(8 H TWA)	TLV (15MIN STEL)	Densidad (kg/m^3)

Diésel	N/D	N/D	100	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	850

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación							
Tipo de recipiente							
Cilindro		Esfera		Tubería		Otro:	Fuga interna del equipo
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	0.5 pulgadas
Diámetro (m)				Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5 kg/cm2	25 °C	500 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica		Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	0.5 pulgadas	Horizontal	●
Orificio en Cuerpo o Tubería	●	Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	

Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	60 s
Continua	●	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	136.43 kg
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	2.27391E+000 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)							
	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Charco de fuego (Pool fire)	32.61 – N/R m	56.86 m	101.77m	Ignición tardía (explosión)	13.96 – 11.93 m	18.12 m	23.34 m
Chorro de fuego (Jet fire)	18.13 – 14.91 m	22.13 m	31.30 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	**E7-N12-CMP-TFE**	**Peor Caso**	
		Caso más Probable	●
		Caso Alterno	
Descripción	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-506), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Carro-tanques		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación							
Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	●	Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia	Diésel								
Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m³)**
Aromáticos	N/D	N/D	32.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	680
Olefinas	N/D	N/D	12.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Benceno	N/D	N/D	2.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Hexano	N/D	N/D	1.02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Tolueno	N/D	N/D	0.69	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación							
Tipo de recipiente							
Cilindro		Esfera		Tubería		Otro:	**Fuga interna del equipo**
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	**0.5 pulgadas**
Diámetro (m)				Diámetro (m)			

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
5 kg/cm2	**25 °C**	**2,000 GPM**	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica		Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	**0.5 pulgadas**	Horizontal	●
Orificio en Cuerpo o Tubería	●	Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	
Cizalla de Tubería , otro				Golpea contra	
Tipo de liberación		**Punto de fuga**		**Tiempo estimado de liberación (s)**	**60 s**

Continua		Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	133.53 kg
Masiva		Altura (m)	1 m	Tasa de liberación (kg/s)	2.22564E+000 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Charco de fuego (Pool fire)	32.65 – 27.07 m	39.59 m	55.46 m	Ignición tardía (explosión)	72.58 – 66.16 m	85.80 m	102.39 m
Chorro de fuego (Jet fire)	86.84 – 53.57 m	123.67m	206.85 m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	**E8-N14-CMP-TFE**	**Peor Caso**	
		Caso más Probable	●
		Caso Alterno	
Descripción	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del auto-tanque.		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación							
Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	●	Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas									
Nombre de la Sustancia	Diésel								
Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m³)**
Aromáticos	N/D	N/D	32.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	680
Olefinas	N/D	N/D	12.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Benceno	N/D	N/D	2.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Hexano	N/D	N/D	1.02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Tolueno	N/D	N/D	0.69	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación							
Tipo de recipiente							
Cilindro		Esfera		Tubería	●	Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)				Diámetro (m)	4 pulgadas		

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
3 kg/cm2	25 °C	500 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica		Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	4 pulgadas	Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro	●			Golpea contra	
Tipo de liberación		**Punto de fuga**		**Tiempo estimado de liberación (s)**	60 s
Continua	●	Elevación (m)		**Inventario fugado (kg)**	6,620.34 kg

Masiva		Altura (m)		**Tasa de liberación (kg/s)**	**1.10339E+002 kg/s**

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo	
Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	**Otro**	**Zona de seguridad**		**Clase de evento**	**Otro**	**Zona de seguridad**	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	**Alto Riesgo**	**Amortiguamiento**		**Alto Riesgo (daño a equipos)**	**Alto Riesgo**	**Amortiguamiento**
	12.5-37.5 kW/m2	**5 kW/m2**	**1.4 kW/m2**		**3-10 lb/cm2**	**1 lb/cm2**	**0.5 lb/cm2**
Charco de fuego (Pool fire)	85.63 – 70.40 m	104.73 m	148.36 m	**Ignición tardía (explosión)**	77.80 – 73.82 m	87.51 m	105.18 m
Chorro de fuego (Jet fire)	70.20 – 46.34 m	95.73 m	153.28m				

I. Datos Generales					
Elaboró	QV Gestión ambiental, S.C.	**Fecha**	12/2020	**Software de simulación**	PHAST versión 6.7
Proyecto	Terminal de Fluidos De Empalme				

II. Datos del escenario			
Clave	**E9-N15-CMP-TFE**	**Peor Caso**	
		Caso más Probable	●
		Caso Alterno	
Descripción	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del carro-tanque.		
Objetivo	Determinar las posibles afectaciones, al personal, al medio ambiente y a las instalaciones, de presentarse el escenario.		

Modelo(s) Empleado(s) en la simulación

Dardo de fuego (jet fire)	●	Charco de fuego (Pool fire)	●	Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)		Explosión física de recipiente a presión	
BLEVE/ bola de fuego (fire ball)		Flamazo de nube de vapor (flash fire)		Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)	●	Nube tóxica	

III. Sustancias Involucradas

Nombre de la Sustancia	Diésel								
Componente	**% mol**	**% peso**	**% Vol.**	**LFL %**	**UFL %**	**IDLH ppm**	**TLV(8 H TWA)**	**TLV (15MIN STEL)**	**Densidad (kg/m^3)**
Aromáticos	N/D	N/D	32.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	680
Olefinas	N/D	N/D	12.5	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Benceno	N/D	N/D	2.00	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

Hexano	N/D	N/D	1.02	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
Tolueno	N/D	N/D	0.69	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	

IV. Condiciones de Confinamiento y Características de Liberación

Tipo de recipiente

Cilindro		Esfera		Tubería	●	Otro:	
Altura (m)		Diámetro (m)		Longitud (m)		Dimensiones	
Diámetro (m)				Diámetro (m)	3 pulgadas		

Condiciones de Operación			Estado fisico		
Presión:	Temperatura	Flujo	Liquido	Vapor	Liquido / Vapor
3 kg/cm2	25 °C	500 GPM	●		

Tipo de fuga		Características del orificio de fuga		Dirección de la fuga	
Falla catastrófica		Área		Vertical	
Liberación en válvula de alivio		Diámetro	3 pulgadas	Horizontal	
Orificio en Cuerpo o Tubería		Coef. de pérdida del orificio		Hacia abajo	●
Cizalla de Tubería , otro	●			Golpea contra	

Tipo de liberación		Punto de fuga		Tiempo estimado de liberación (s)	60 s
Continua	●	Elevación (m)		Inventario fugado (kg)	3,723.936 kg
Masiva		Altura (m)		Tasa de liberación (kg/s)	6.20656E+001 kg/s

V. Condiciones atmosférica y tipo de suelo

Estabilidad atmosférica	1.5 / F
Temperatura atmosférica	23.8 °C
Presión atmosférica	759 mmHg
Temperatura del suelo (si es distinta a la atmosférica)	---
Porcentaje de Humedad Relativa	71.2%
Direcciones dominantes y velocidad del viento	8.34 m/s SO-NE
Tipo de suelo (rugosidad empleada)	---

VI. Resumen de resultados (Distancias y afectaciones)

	Radios por radiación térmica				Radios por sobrepresión		
Clase de evento	Otro	Zona de seguridad		Clase de evento	Otro	Zona de seguridad	
	Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento		Alto Riesgo (daño a equipos)	Alto Riesgo	Amortiguamiento
	12.5-37.5 kW/m2	5 kW/m2	1.4 kW/m2		3-10 lb/cm2	1 lb/cm2	0.5 lb/cm2
Charco de fuego (Pool fire)	72.82 – 59.94 m	88.92 m	125.72 m	Ignición tardía (explosión)	81.11 – 75.44 m	92.79 m	107.44 m
Chorro de fuego (Jet fire)	68.00 – 44.28 m	93.38 m	150.58 m				

Para mayor detalle ver Anexo 9. Resultados de Simulaciones.

Para los escenarios 10 y 11, se muestran sus consideraciones de la siguiente manera:

E10-N01-PC-TFE.			
Descripción:	Derrame de Diésel en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y monoboya		
Consideraciones operativas		**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	Conexión del Buque-tanque y monoboya	**Temperatura ambiente:**	23.8°C
Presión normal:	73.96 psi	**Velocidad del viento:**	2.72 m/s
Diámetro de la línea:	12" (0.3048 m)	**Precipitación:**	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	100% ruptura y flujo constante de 2566 m3/h	**Altitud:**	0 msnm
		Humedad relativa:	71.2 %

Consideraciones para simulaciones:

- Solo se calcula la tasa de emisión de combustible ruptura de 100% de la manguera.
- La tasa de emisión de fuga es de: 27.22 kg/s
- La activación de los sistemas de shut down es de 15 segundos después de ocurrido el derrame.
- La presión normal de operación es de 73.96 psi.
- Para mayor detalle de las condiciones ambientales Ver Anexo 12.

El escenario se simuló en dos temporadas climáticas representativas de la hidrodinámica dominante en el sitio de estudio (verano e invierno).

E11-N01-PC-TFE.			
Descripción:	Derrame de Gasolina en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y monoboya		
Consideraciones operativas		**Condiciones ambientales (promedio):**	
Ubicación:	Conexión del Buque-tanque y monoboya	**Temperatura ambiente:**	23.8°C
Presión normal:	73.96 psi	**Velocidad del viento:**	2.72 m/s
Diámetro de la línea:	12" (0.3048 m)	**Precipitación:**	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	100% ruptura y flujo constante de 2566 m3/h	**Altitud:**	0 msnm
		Humedad relativa:	71.2 %

Consideraciones para simulaciones:

- Solo se calcula la tasa de emisión de combustible por perforación en manguera.
- La tasa de emisión de fuga es de: 27.22 kg/s
- La activación de los sistemas de shut down es de 15 segundos después de ocurrido el derrame.
- La presión normal de operación es de 73.96 psi.
- Para mayor detalle de las condiciones ambientales Ver Anexo 12.

El escenario se simuló en dos temporadas climáticas representativas de la hidrodinámica dominante en el sitio de estudio (verano e invierno).

ÍNDICE

V. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN. 3

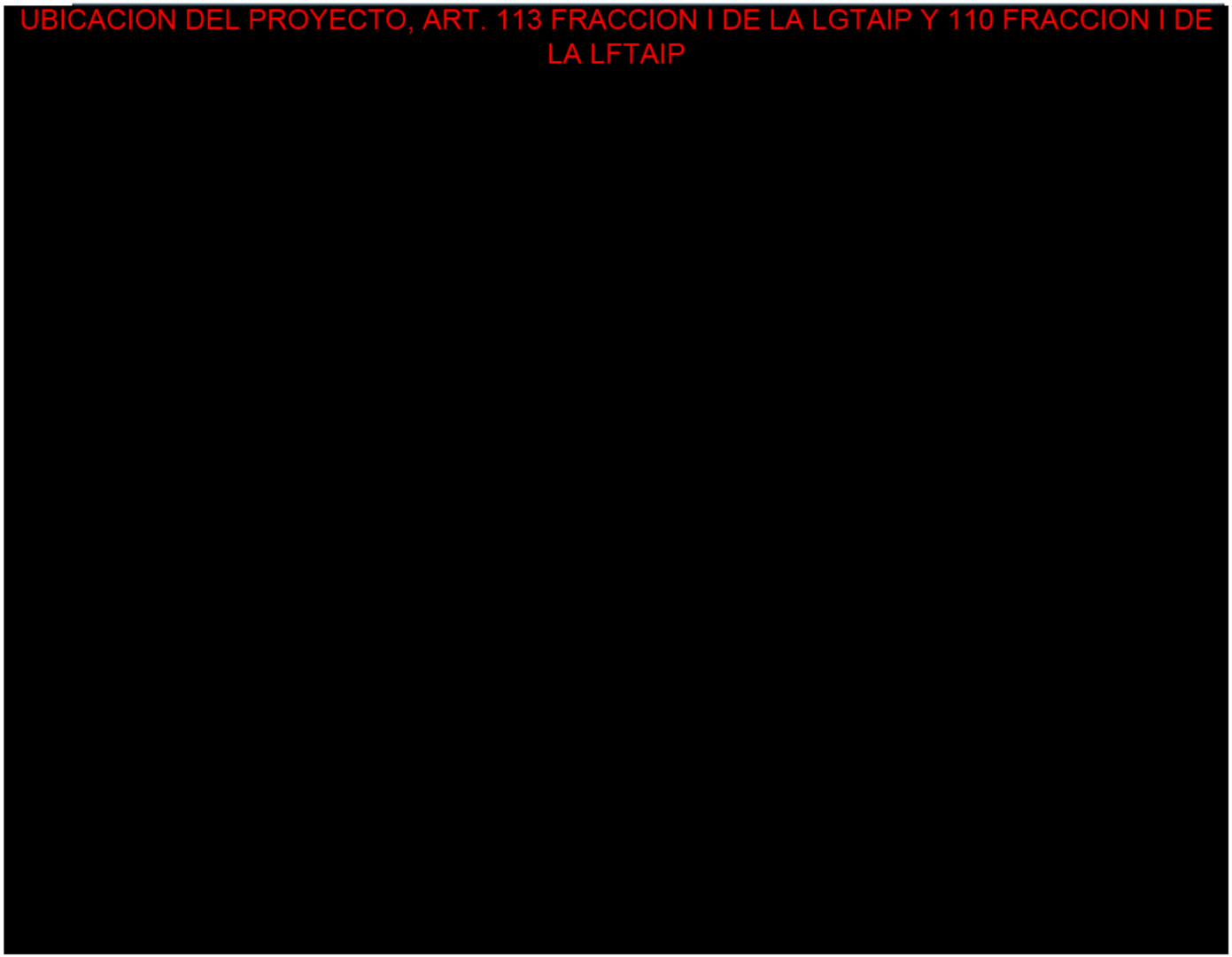
FIGURA

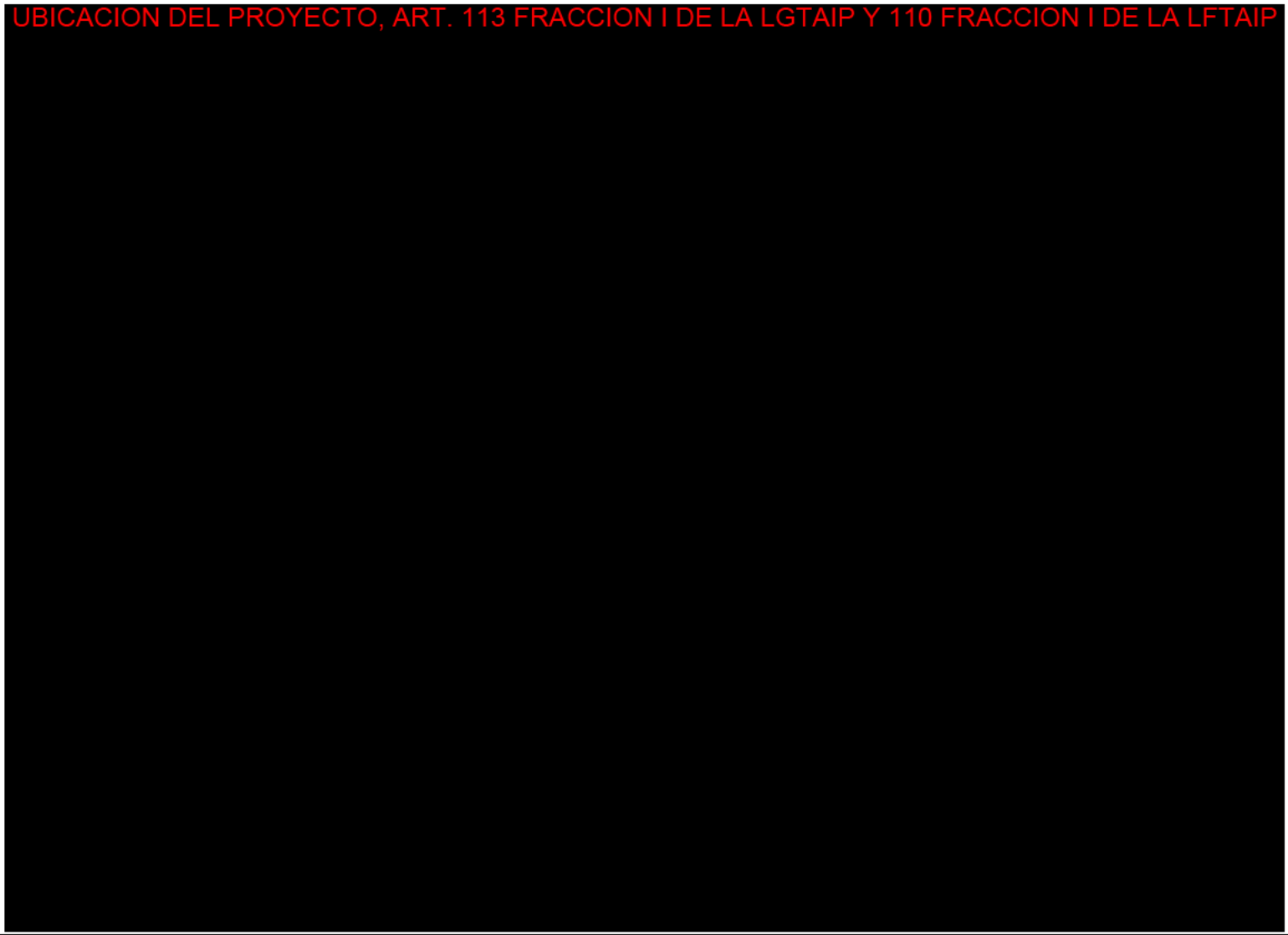
Figura V.1. Escenario E1-N05-PC-TFE (CHAF). Incendio por derrame de Diésel en tanque TV-001..... 4
Figura V.2. Escenario E2-N06-PC-TFE (CHAF). Incendio por derrame de Gasolina en tanque TV-003. ... 5
Figura V.3. Escenario E3-N07-PC-TFE. (CHAF). Incendio por derrame de Etanol en tanque TV-007. 6
Figura V.4. Escenario E4-N07-PC-TFE (CHAF). Incendio por derrame de Turbosina en tanque TV-008... 7
Figura V.5. Escenario E5-N10-CMP-TFE (CHAF). Fuga de gasolina en la bomba P-501 / P-502. 8
Figura V.6. Escenario E5-N10-CMP-TFE (CHOF). Fuga de gasolina en la bomba P-501 / P-502..... 9
Figura V.7. Escenario E5-N10-CMP-TFE (UVCE). Fuga de gasolina en la bomba P-501 / P-502. 10
Figura V.8. Escenario E6-N11-CMP-TFE (CHAF). Fuga de Diésel en la bomba P-503. 11
Figura V.9. Escenario E6-N11-CMP-TFE (CHOF). Fuga de Diésel en la bomba P-503. 12
Figura V.10. Escenario E6-N11-CMP-TFE (UVCE). Fuga de Diésel en la bomba P-503. 13
Figura V.11. Escenario E7-N12-CMP-TFE (CHAF). Fuga de gasolina en la bomba P-506. 14
Figura V.12. Escenario E7-N12-CMP-TFE (CHOF). Fuga de gasolina en la bomba P-506. 15
Figura V.13. Escenario E7-N12-CMP-TFE (UVCE). Fuga de gasolina en la bomba P-506. 16
Figura V.14. Escenario E8-N14-CMP-TFE (CHAF). Derrame de gasolina en el área de carga de auto-tanques. 17
Figura V.15. Escenario E8-N14-CMP-TFE (CHOF). Derrame de gasolina en el área de carga de auto-tanques. 18
Figura V.16. Escenario E8-N14-CMP-TFE (UVCE). Derrame de gasolina en el área de carga de auto-tanques. 19
Figura V.17. Escenario E9-N15-CMP-TFE (CHAF). Derrame de gasolina en el área de carga de carro-tanques. 20
Figura V.18. Escenario E9-N15-CMP-TFE (CHOF). Derrame de gasolina en el área de carga de carro-tanques. 21
Figura V.19. Escenario E9-N15-CMP-TFE (UVCE). Derrame de gasolina en el área de carga de carro-tanques. 22
Figura V.20. Escenario E10-N01-PC-TFE. Derrame de Diésel en el lecho marino, escenario de verano, a una hora de ocurrido el evento. 23
Figura V.21. Escenario E10-N01-PC-TFE. Derrame de Diésel en el lecho marino, escenario de verano, a doce horas de ocurrido el evento 24
Figura V.22. Escenario E10-N01-PC-TFE. Derrame de Diésel en el lecho marino, escenario de verano, a 21 horas de ocurrido el evento. 25
Figura V.23. Escenario E10-N01-PC-TFE. Derrame de Diésel en el lecho marino, escenario de verano, a un día con dos horas de ocurrido el evento. 26
Figura V.24. Escenario E11-N01-PC-TFE. Derrame de gasolina en el lecho marino, escenario de invierno, a una hora de ocurrido el evento. 27

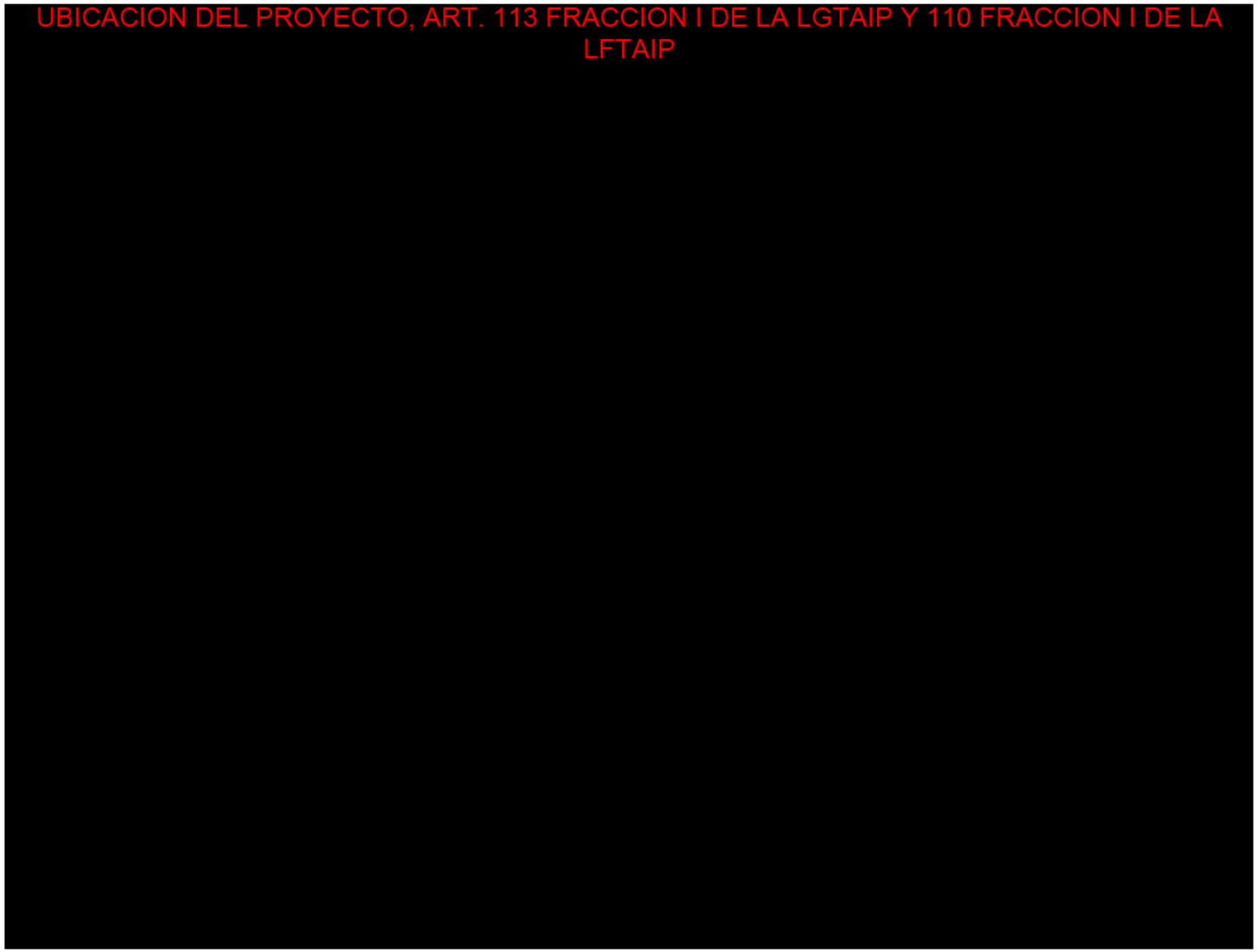
Figura V.25. Escenario E11-N01-PC-TFE. Derrame de gasolina en el lecho marino, escenario de invierno, a un día de ocurrido el evento 28
Figura V.26. Escenario E11-N01-PC-TFE. Derrame de gasolina en el lecho marino, escenario de invierno, a un día con 21 horas de ocurrido el evento. 29
Figura V.27. Escenario E11-N01-PC-TFE. Derrame de gasolina en el lecho marino, escenario de invierno, a dos días con una hora de ocurrido el evento. 30

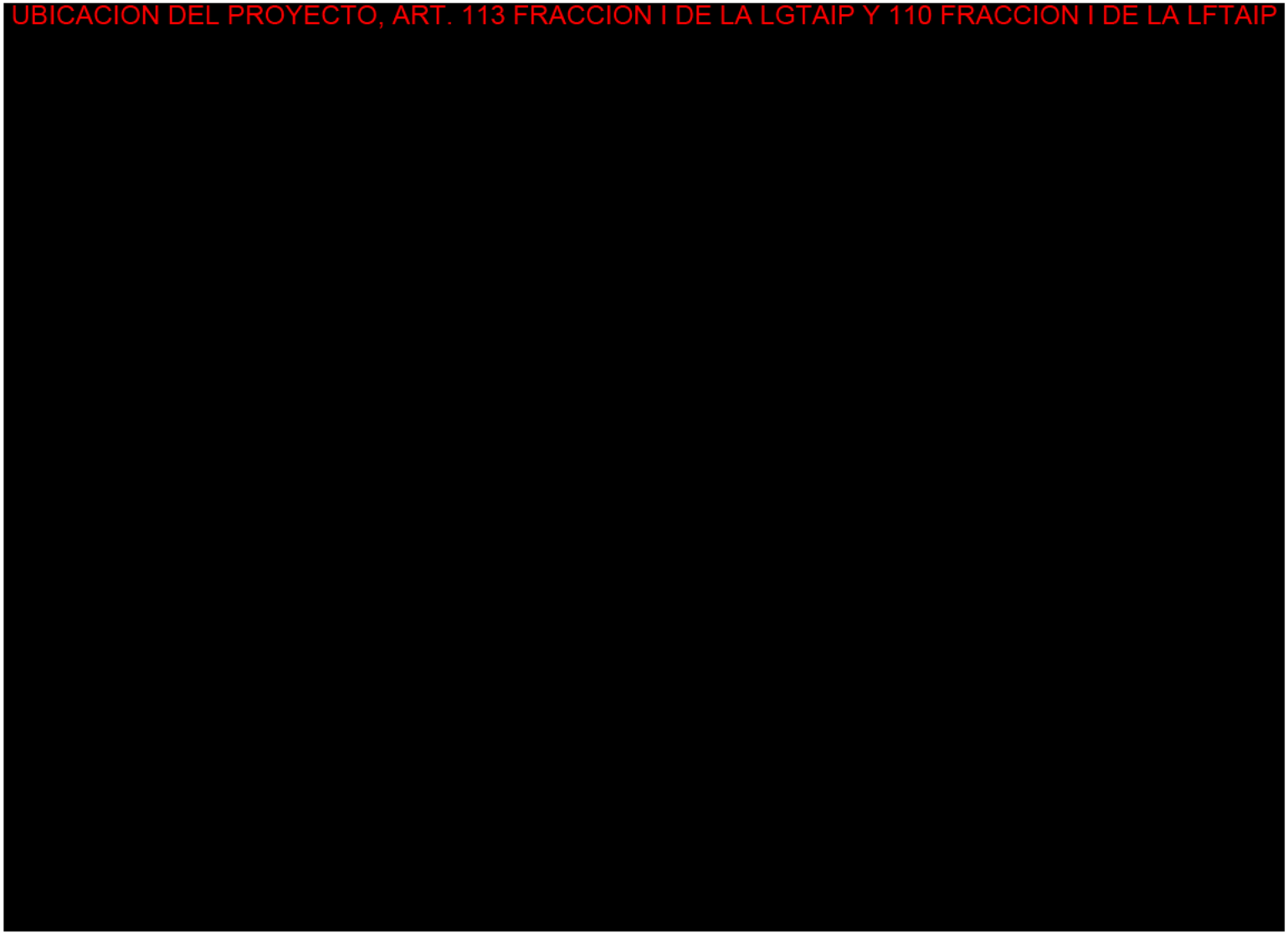
V. REPRESENTACIÓN EN PLANOS DE LOS RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

A continuación, se representarán los Radios Potenciales de afectación, indicando las Zonas de Alto Riesgo y de Amortiguamiento para los escenarios de Riesgo. En las siguientes imágenes puede observarse que las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) están representadas con el color rojo y las Zonas de Amortiguamiento (ZA) de color verde, además se incluyen las distancias de afectación para cada uno de estos radios y la Zona de Alto Riesgo por daño a equipos (OTRO), que en el caso de radiación va de 12.5 KW/m^2 a 37.5 KW/m^2, y para el caso de sobrepresión que va de 3 lb/in^2 (psi) a 10 lb/in^2 (psi), de igual manera se muestran las distancias de afectación en cada uno de los escenarios. Para mayor detalle, **Ver Anexo 10. Radios de Afectación**

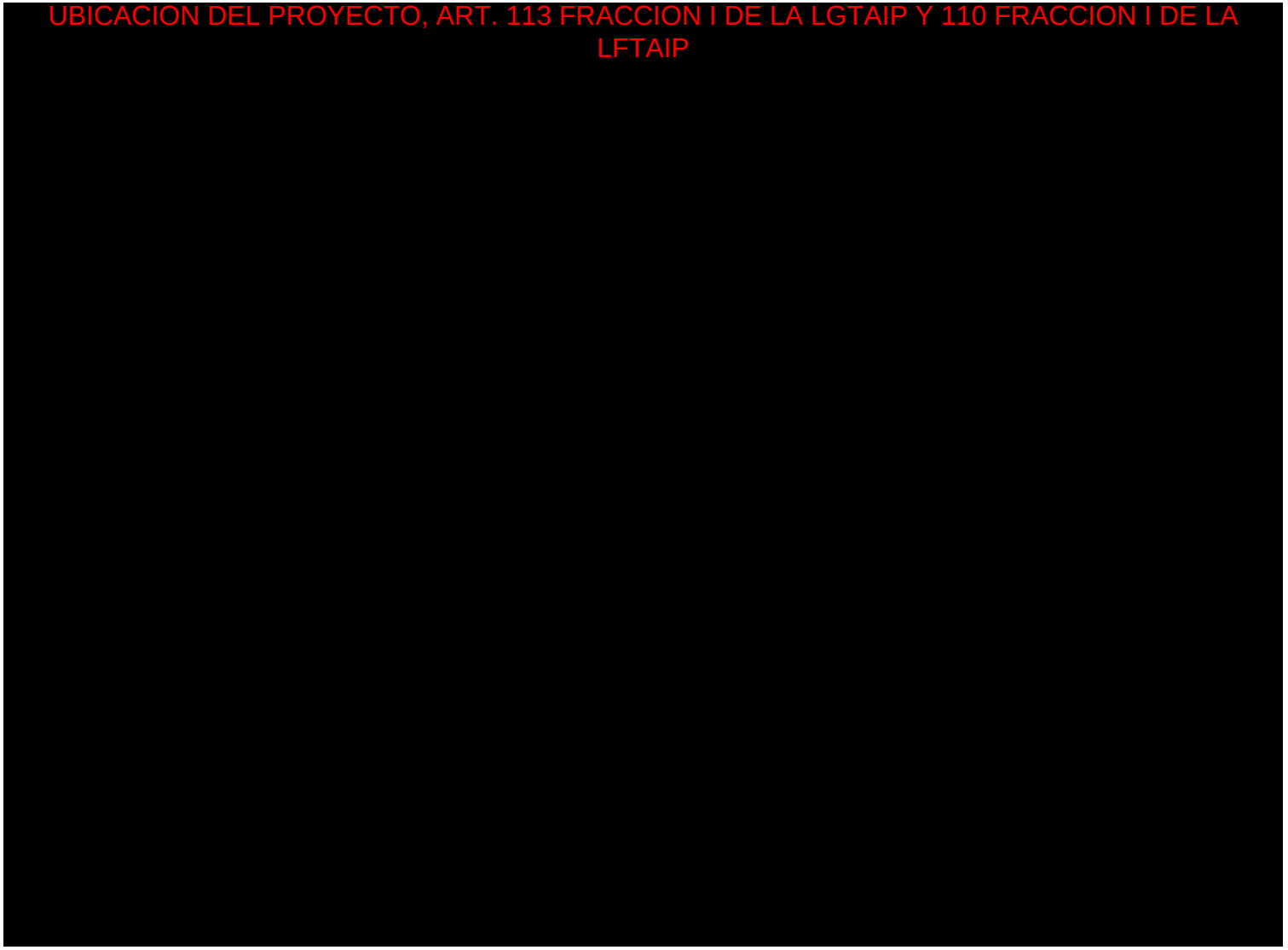

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP


UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

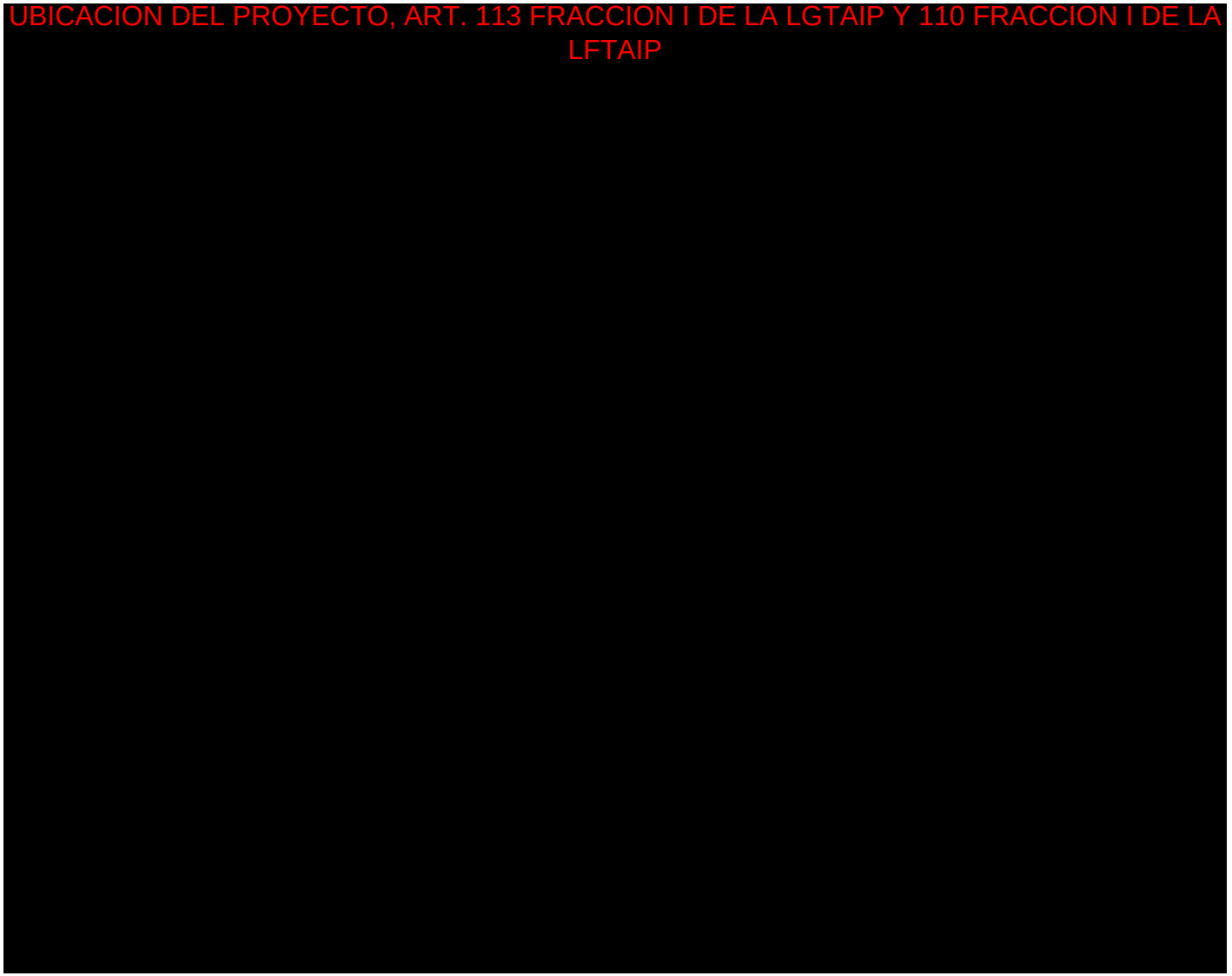

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

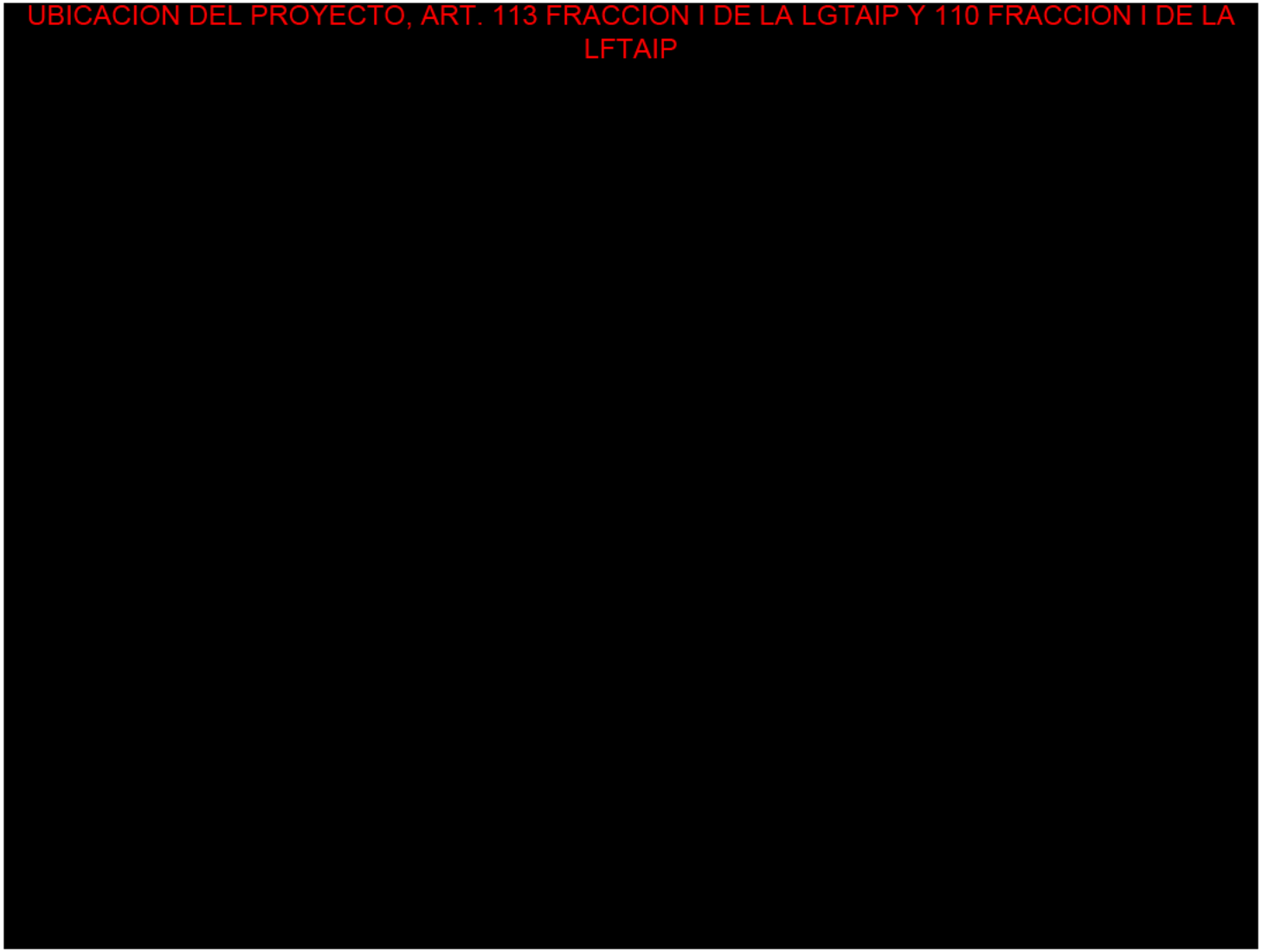

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

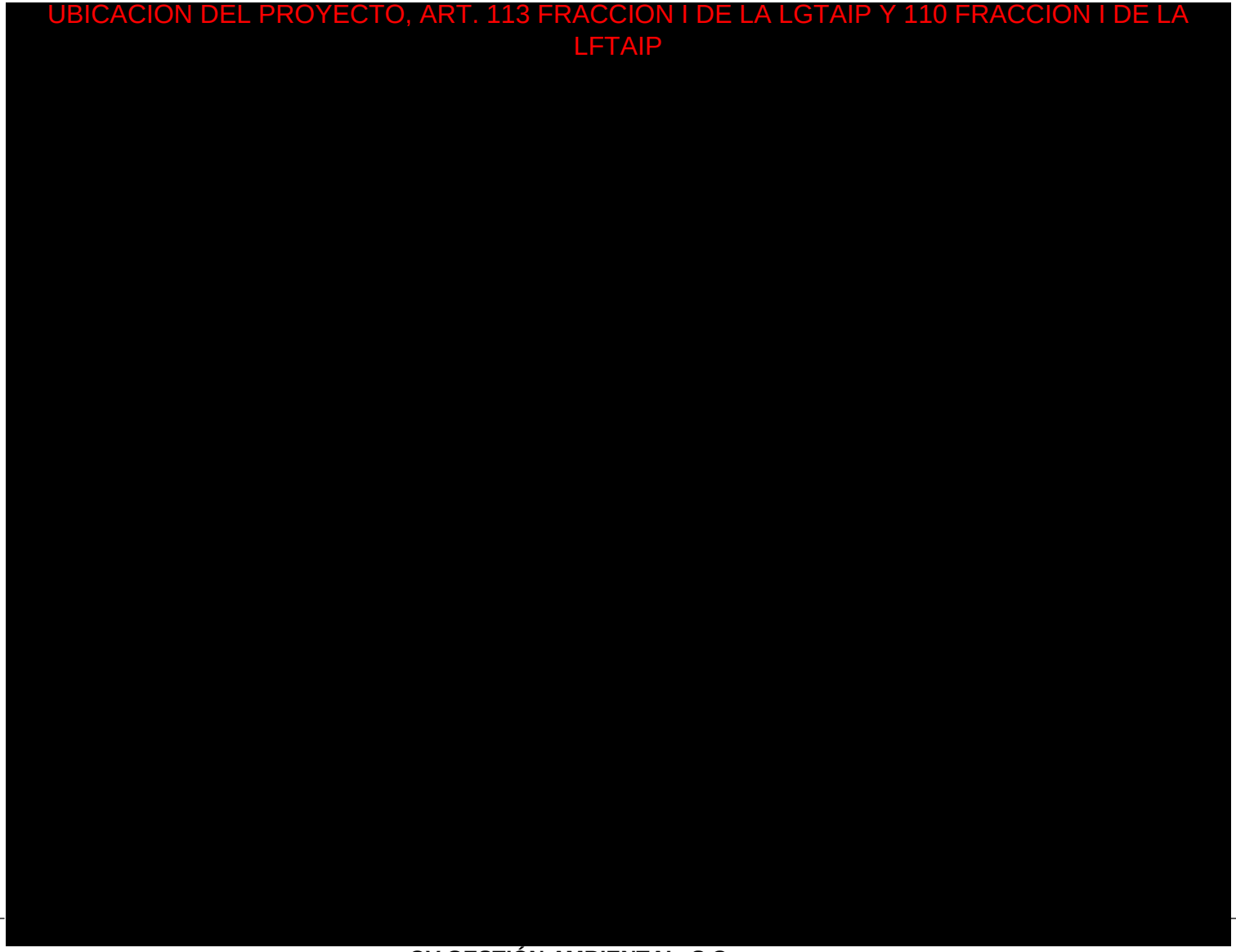
UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



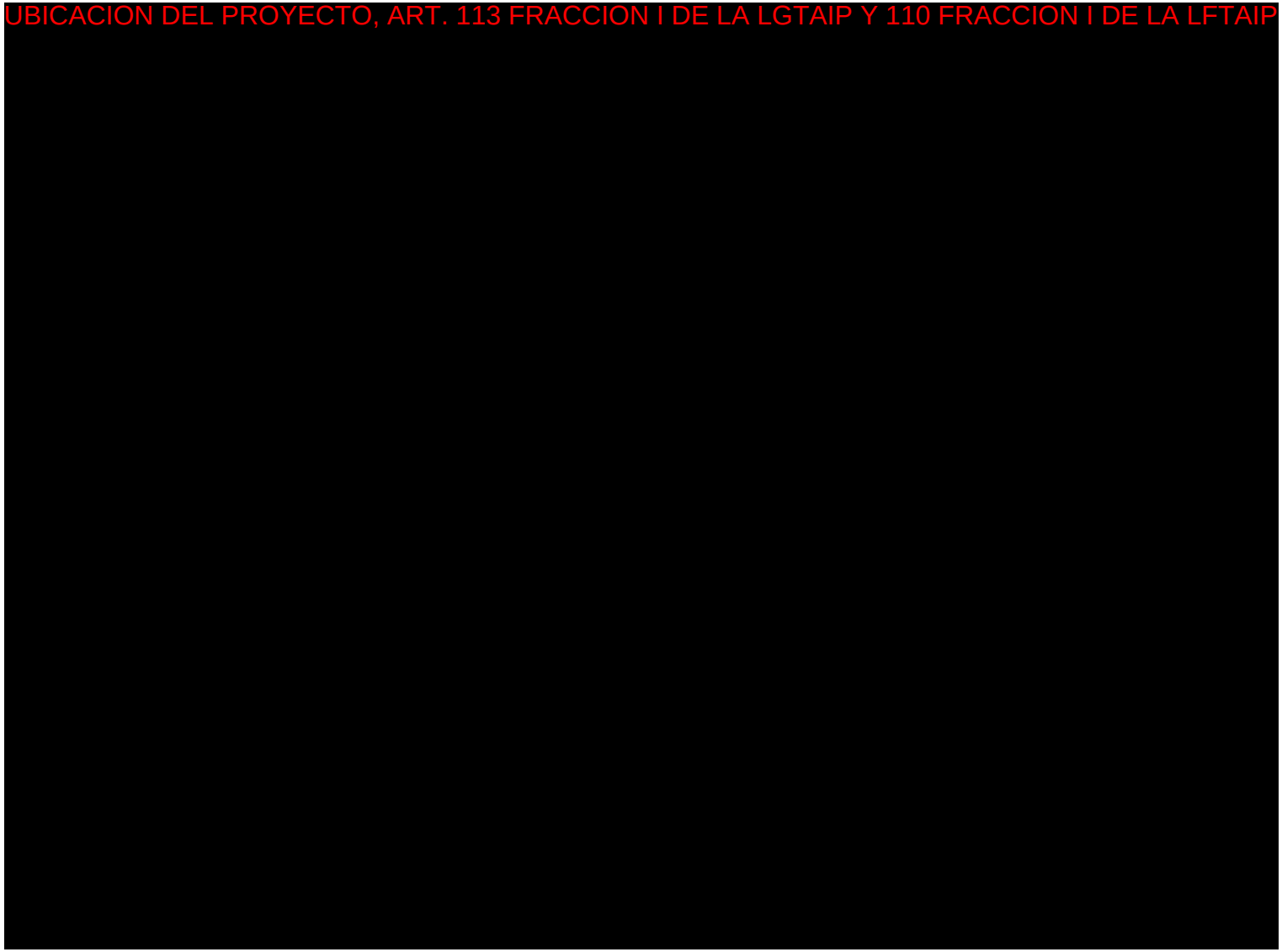
UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



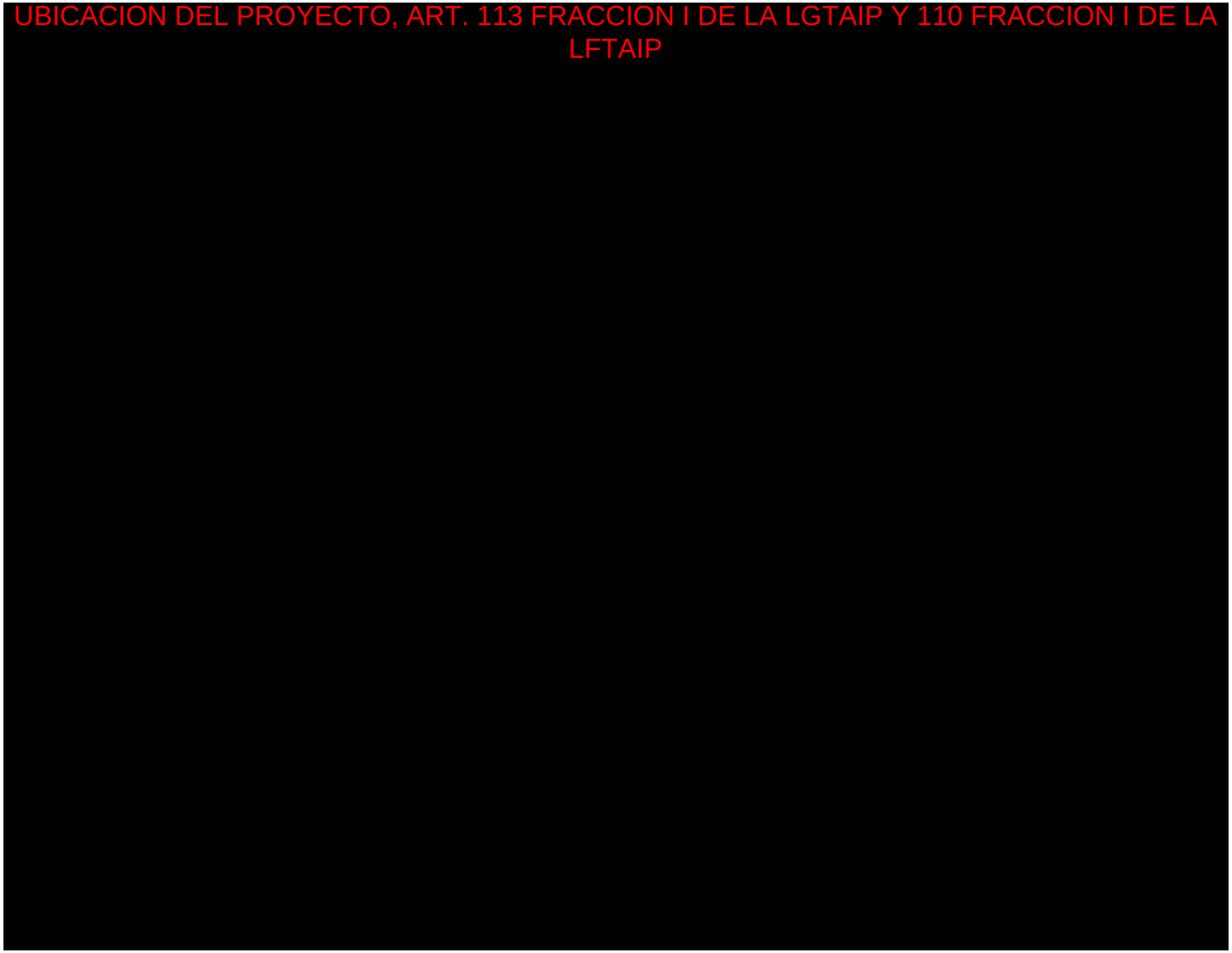

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

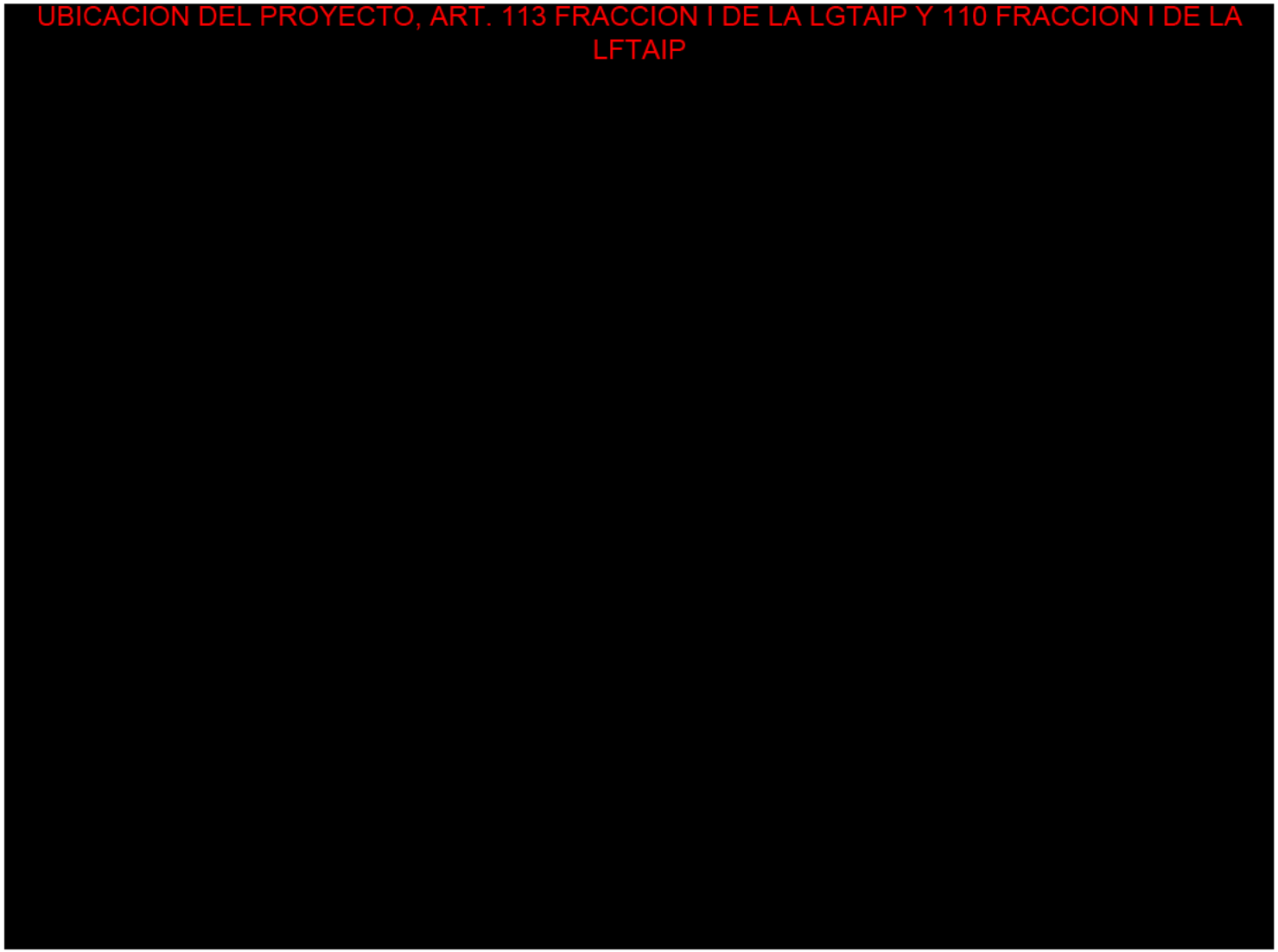

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

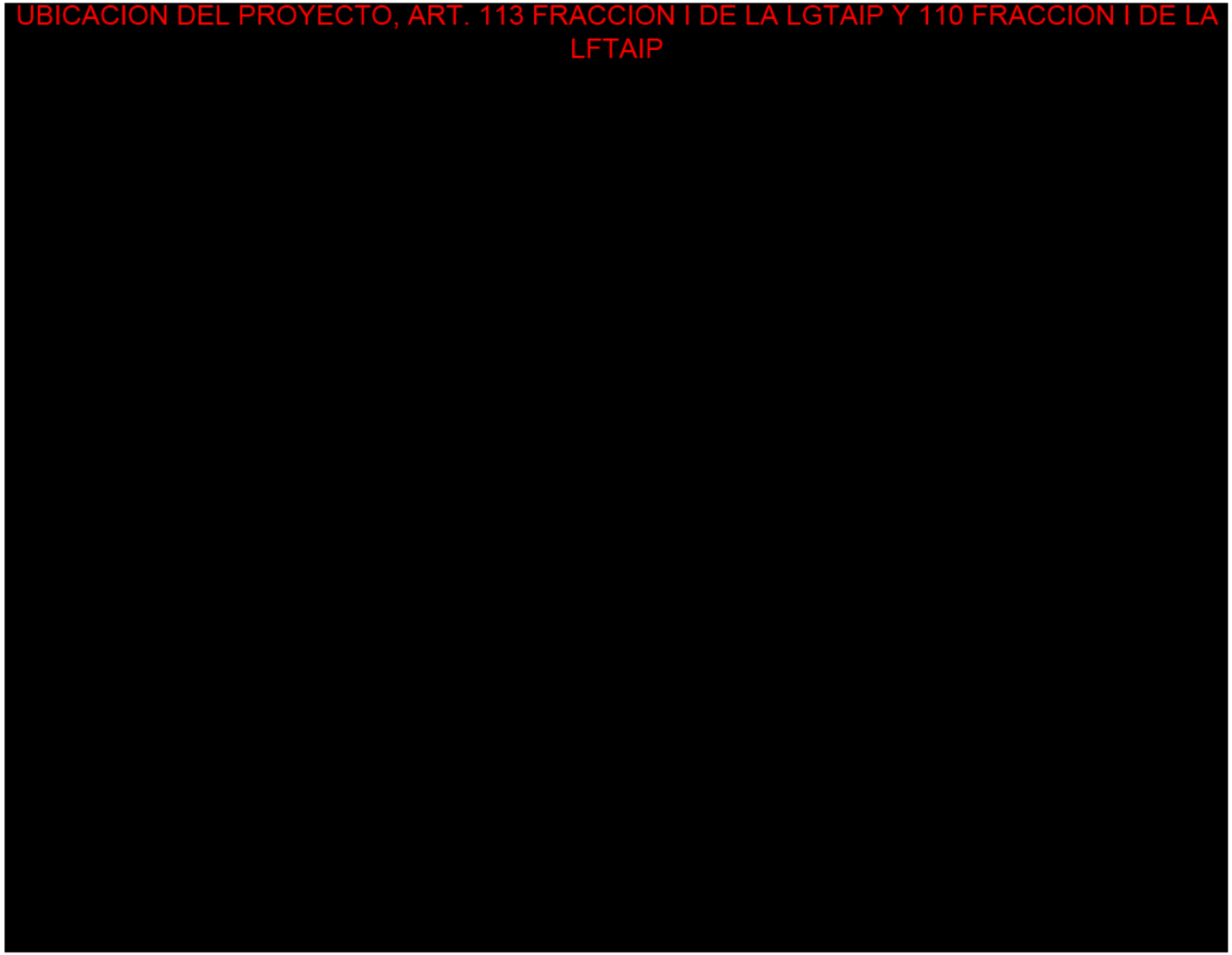
UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

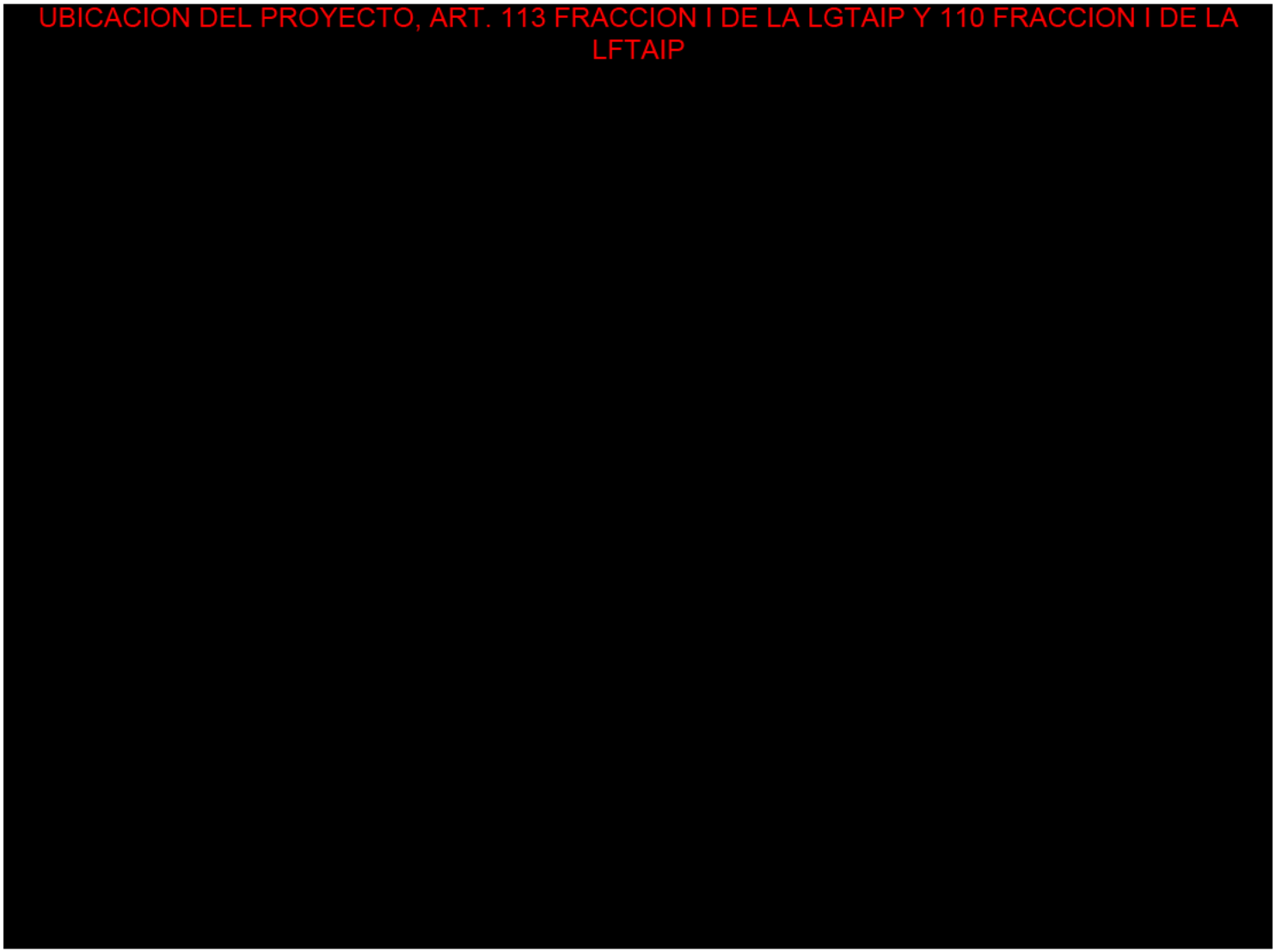


UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

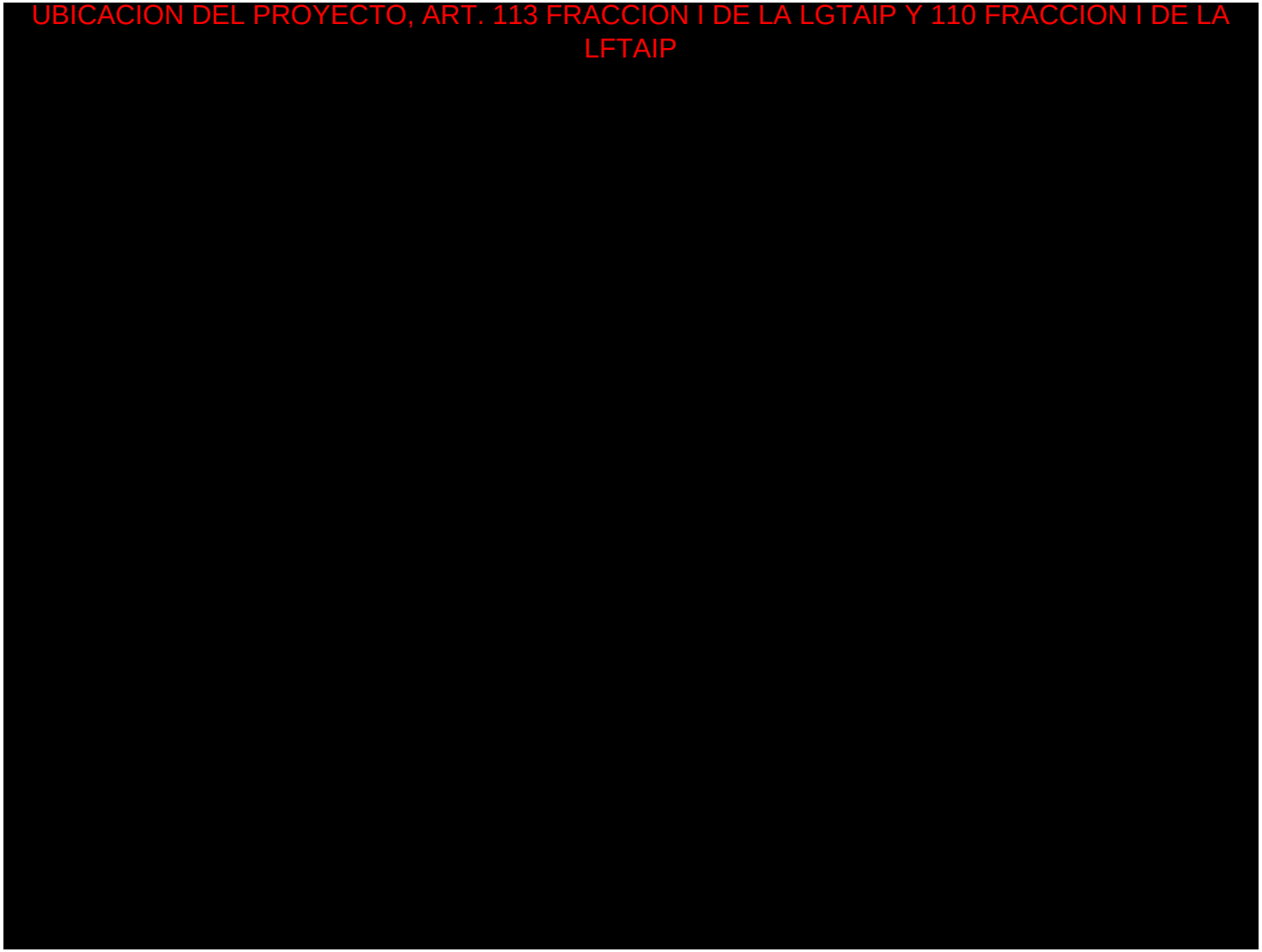


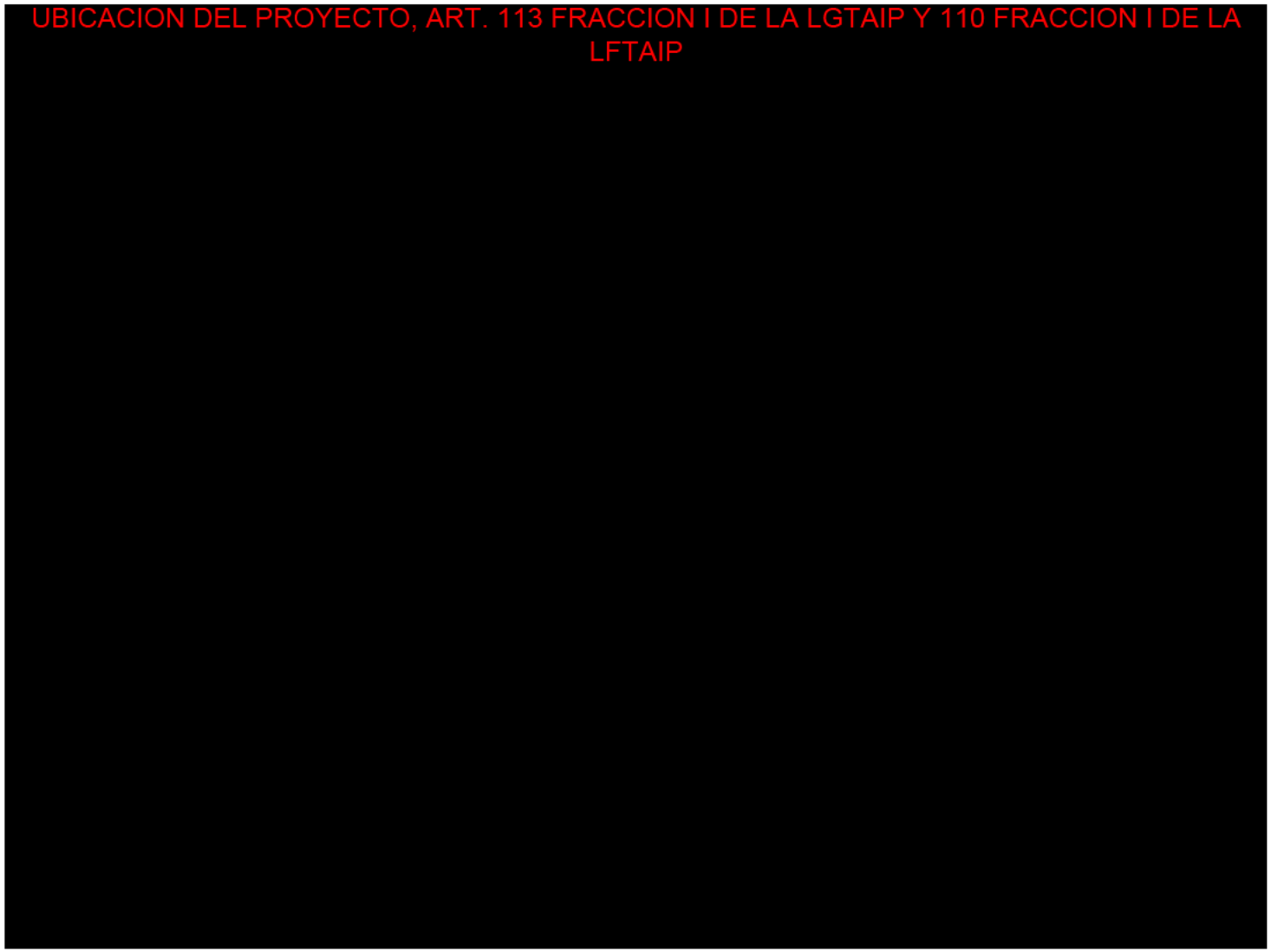

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP


UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

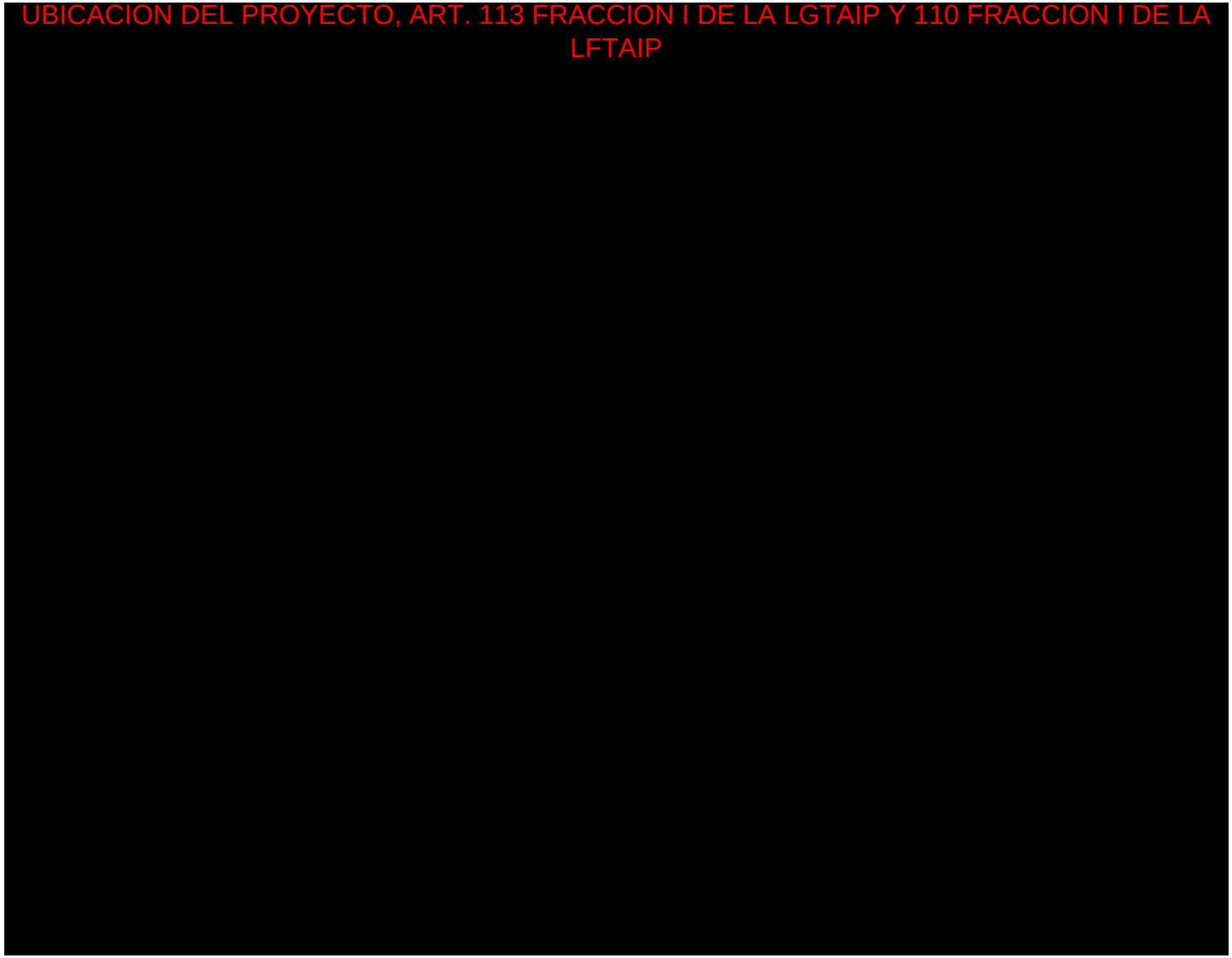

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

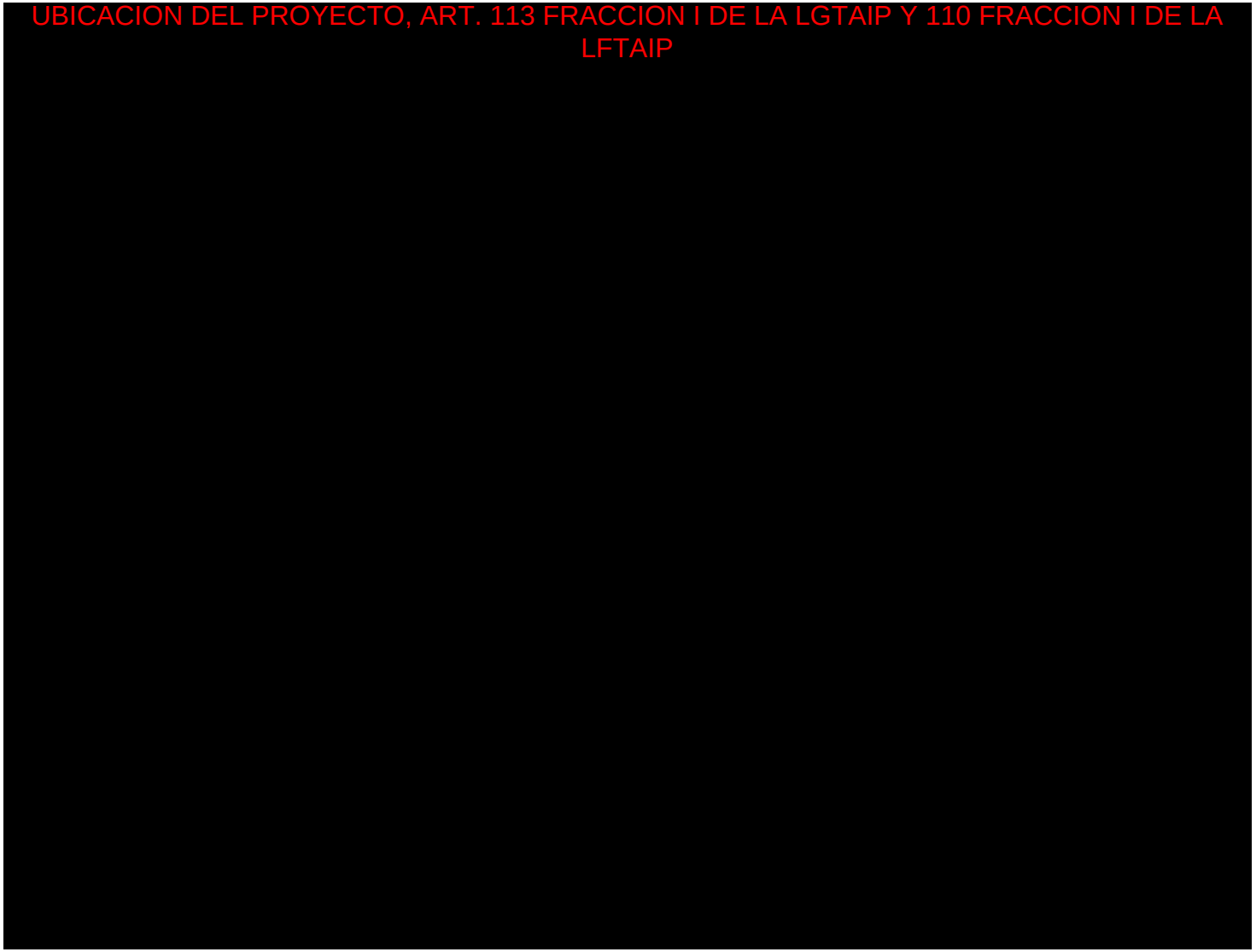



UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

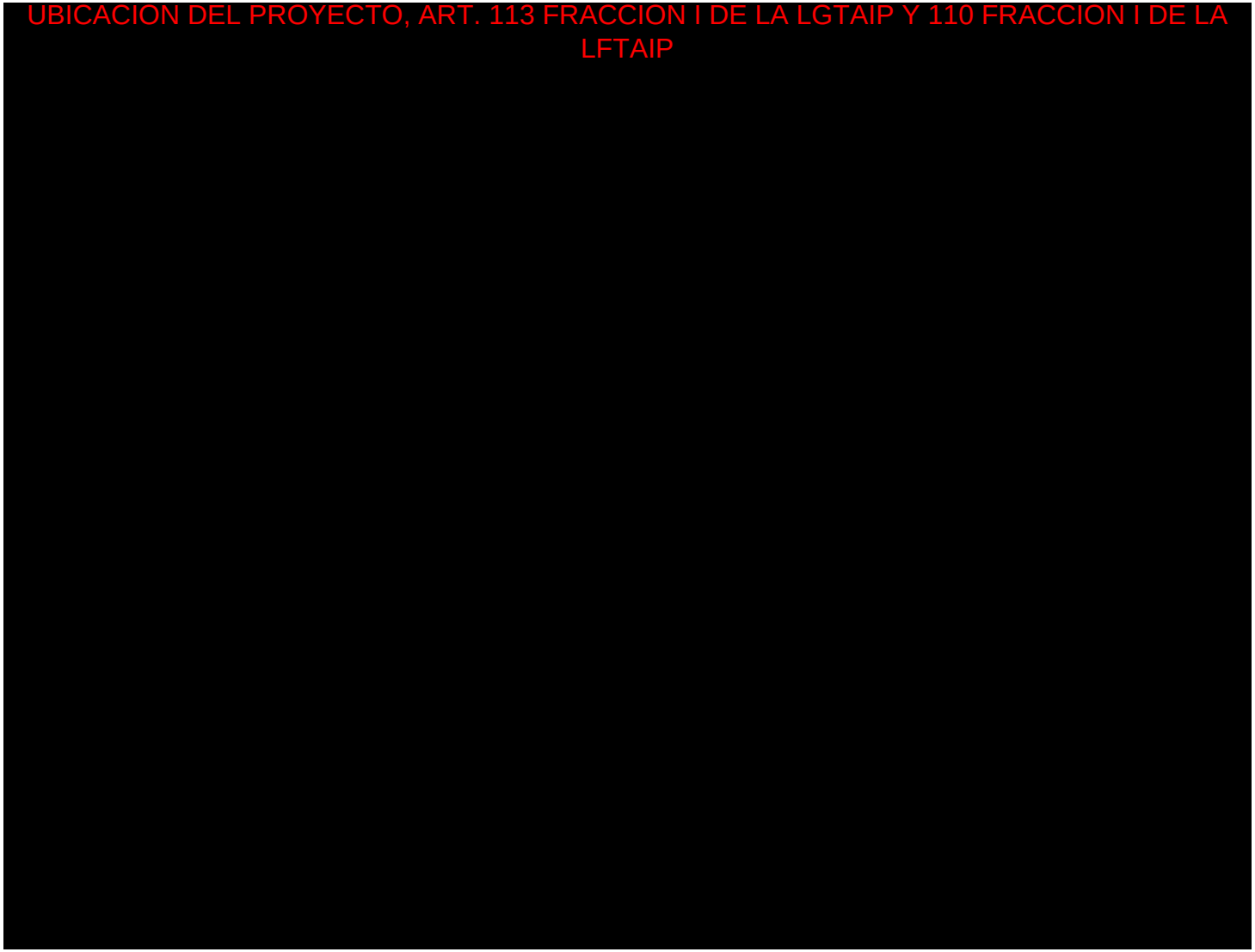
UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



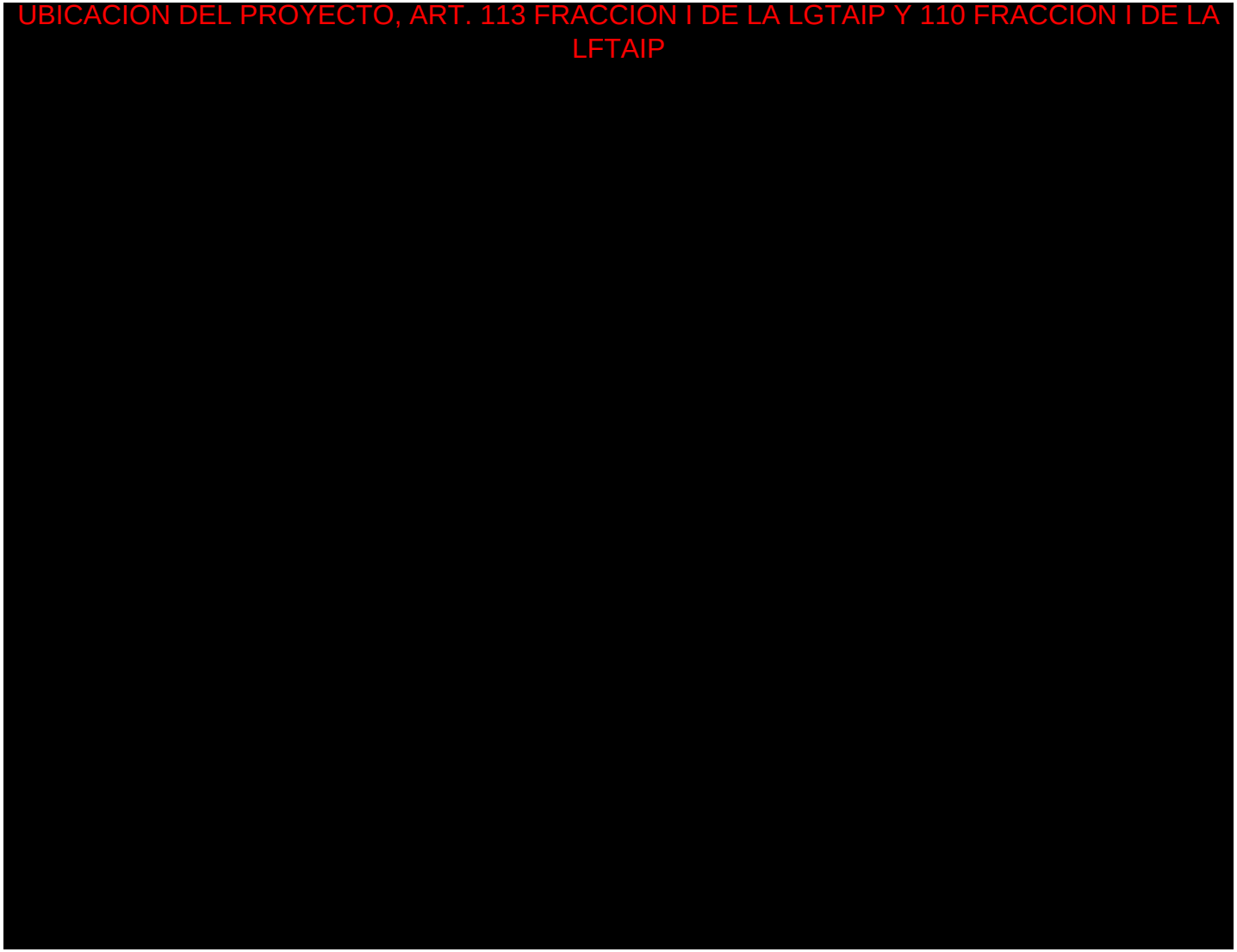
UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



En las simulaciones correspondientes al derrame incidental de diésel en el lecho marino, el escenario de verano mostró un comportamiento de la trayectoria de la mancha de combustible similar a la de gasolina para esta temporada. Al inicio del derrame el combustible se encontró poco disperso y se comenzó a desplazar hacia el norte (ver siguiente figura).

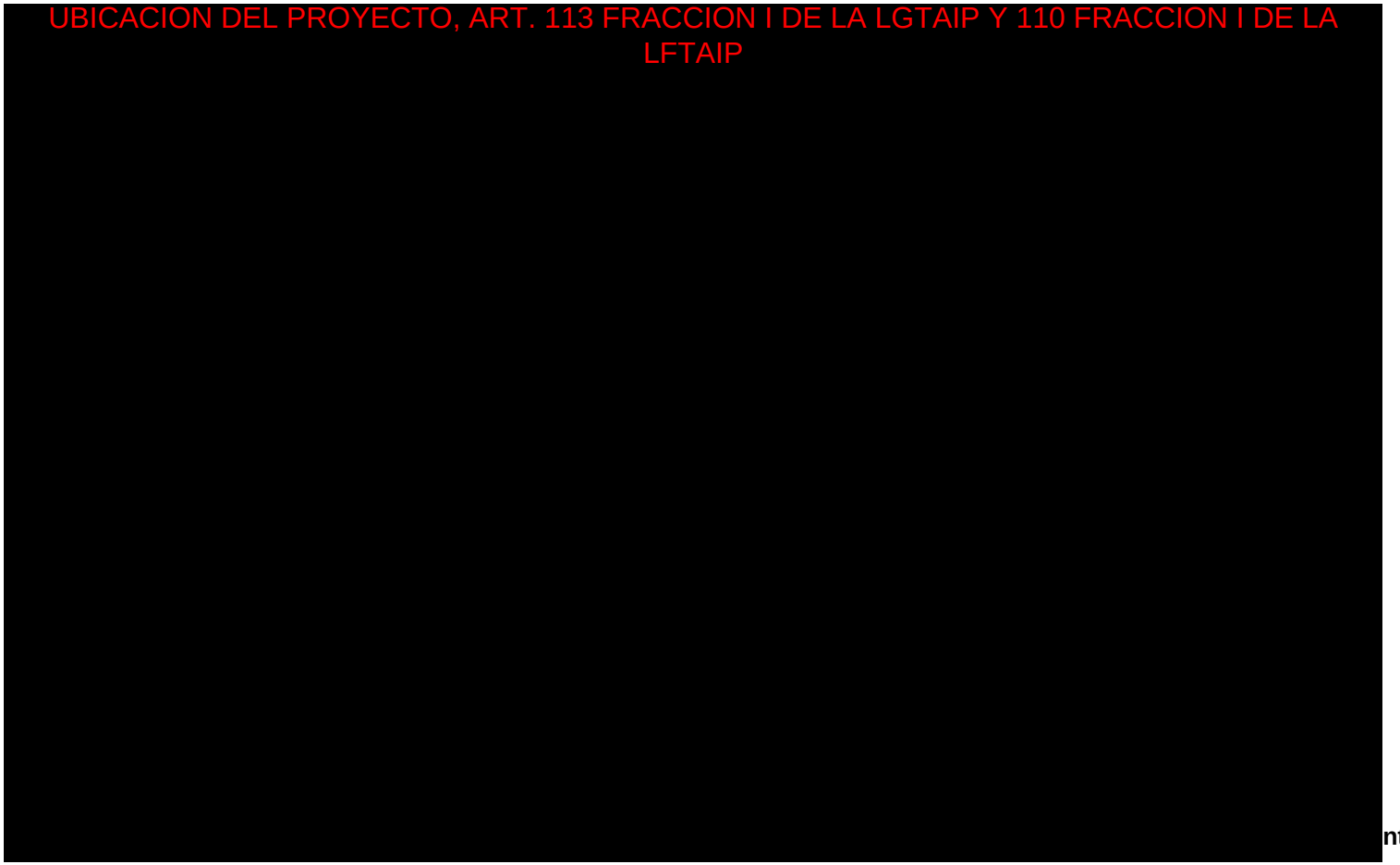
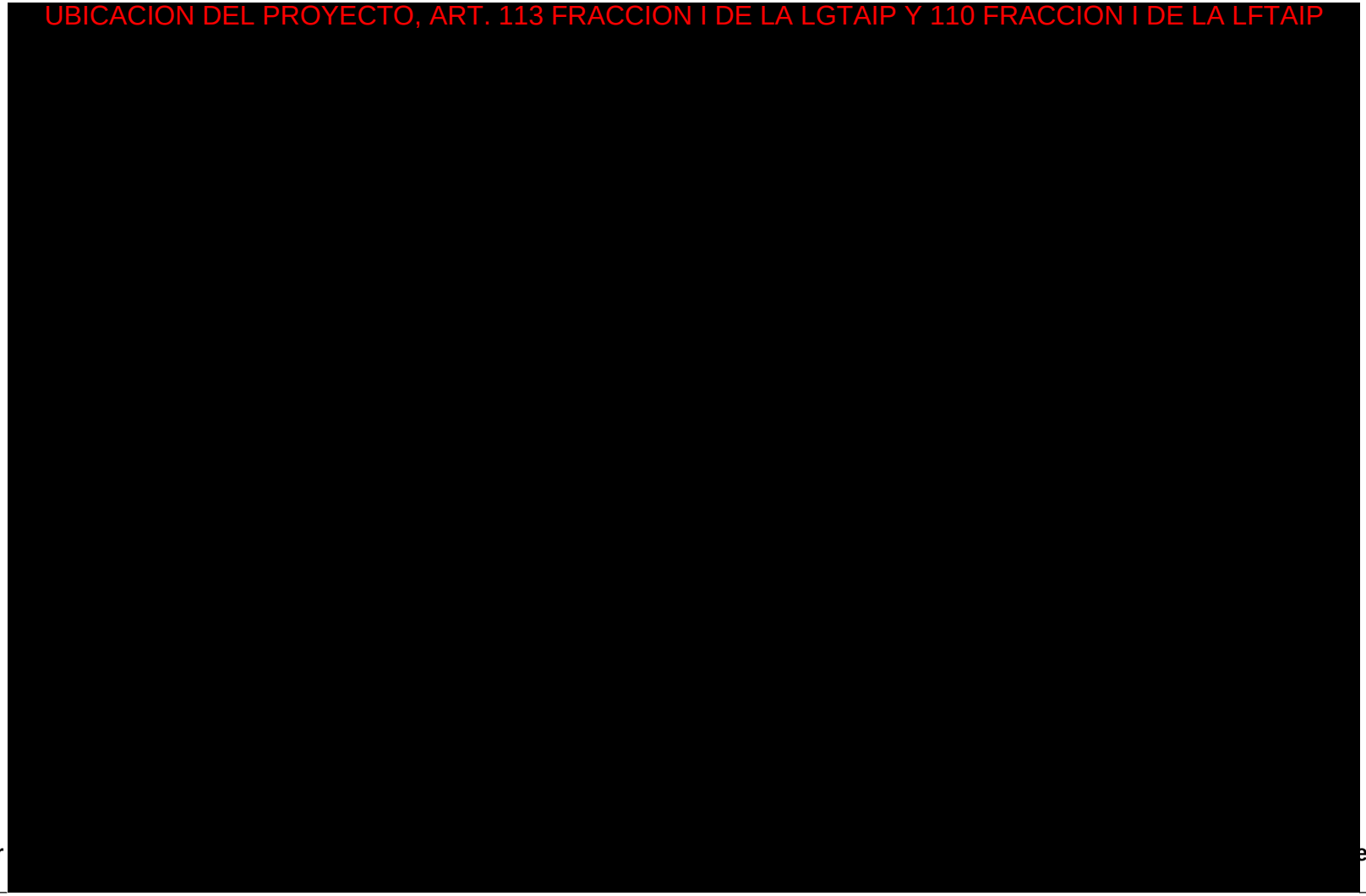


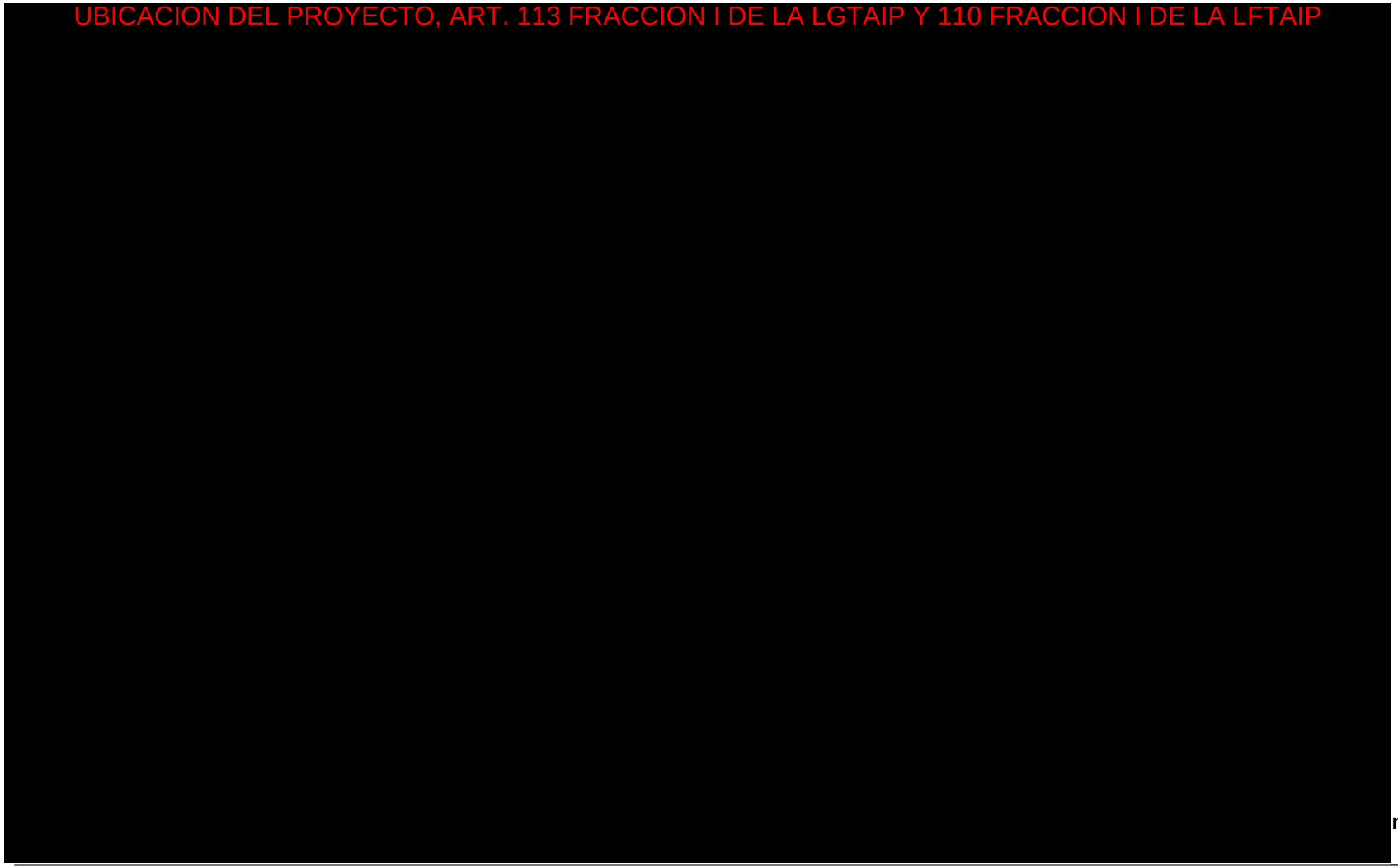
Figura V.20. **nto.**

Transcurridas 12 horas la mancha de diésel se dispersó y siguió una trayectoria con dirección noroeste, hacia la costa de Empalme (Ver siguiente figura).



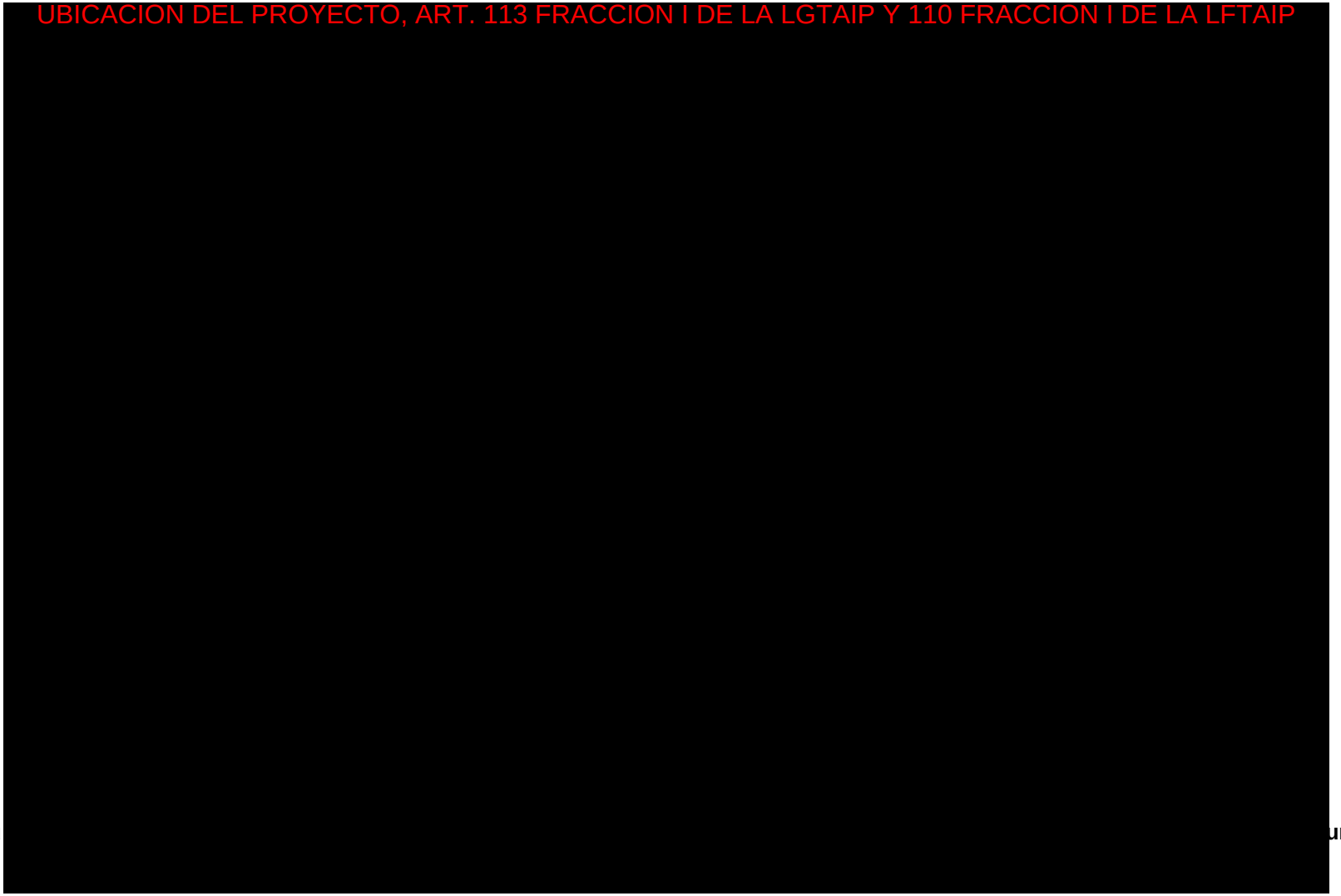
Figur **ento**

La mancha de combustible llegó a la costa donde comenzó a depositarse después de 21 horas de haber ocurrido el derrame incidental (ver siguiente figura).



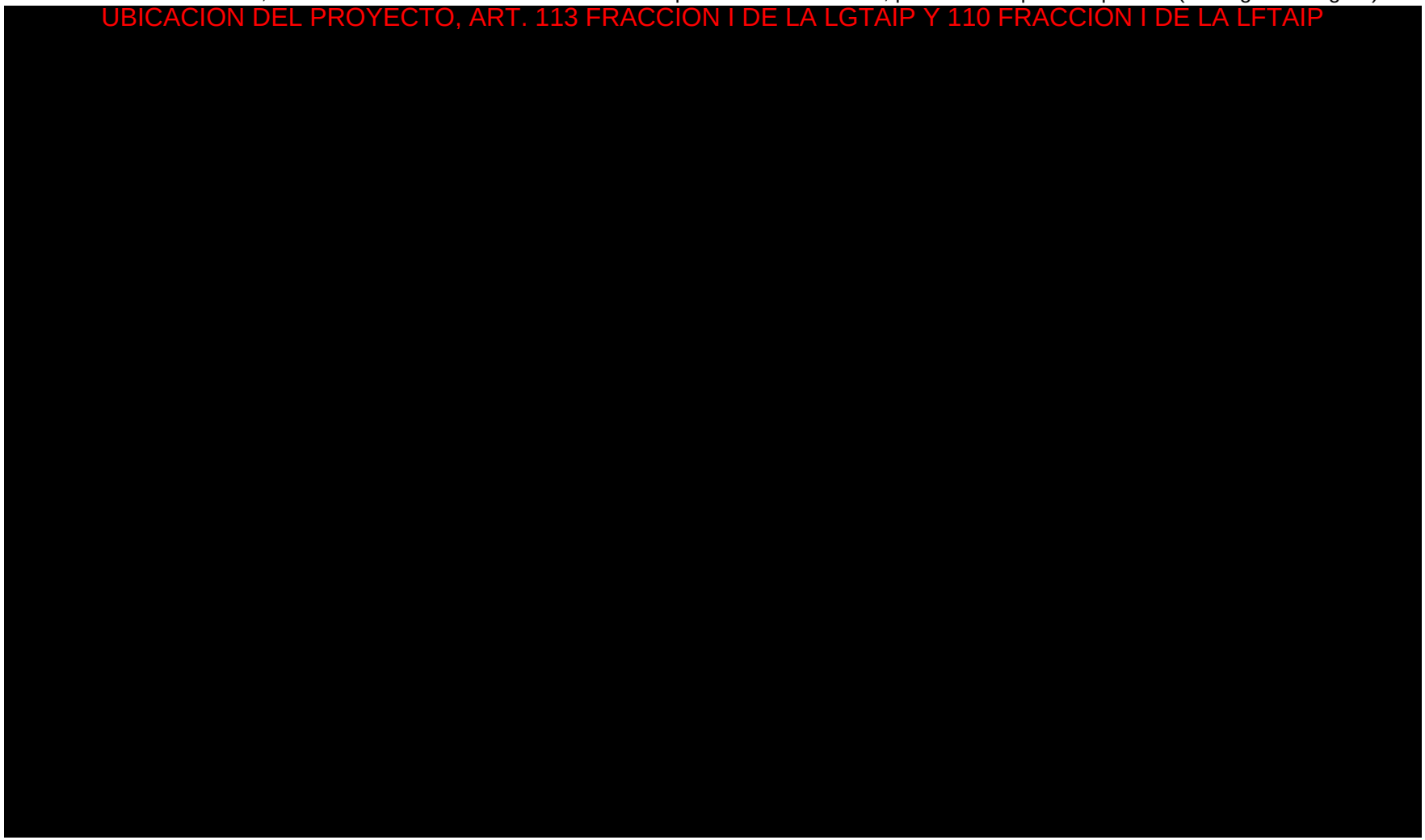
nto.

Para esta temporada el combustible se depositó en la costa después de un día de ocurrido el incidente.



Figu **urrido**

En las simulaciones, correspondientes a la temporada de invierno para el derrame incidental de gasolina en el lecho marino, mostraron que en el instante del incidente, la mancha de combustible comenzó a desplazarse hacia el este, presentando poca dispersión (Ver siguiente figura).



En el transcurso de un día la mancha de combustible se fue dispersando abarcando un área superficial mayor, y presento una trayectoria hacia el sureste en ambos escenarios (siguiente figura).

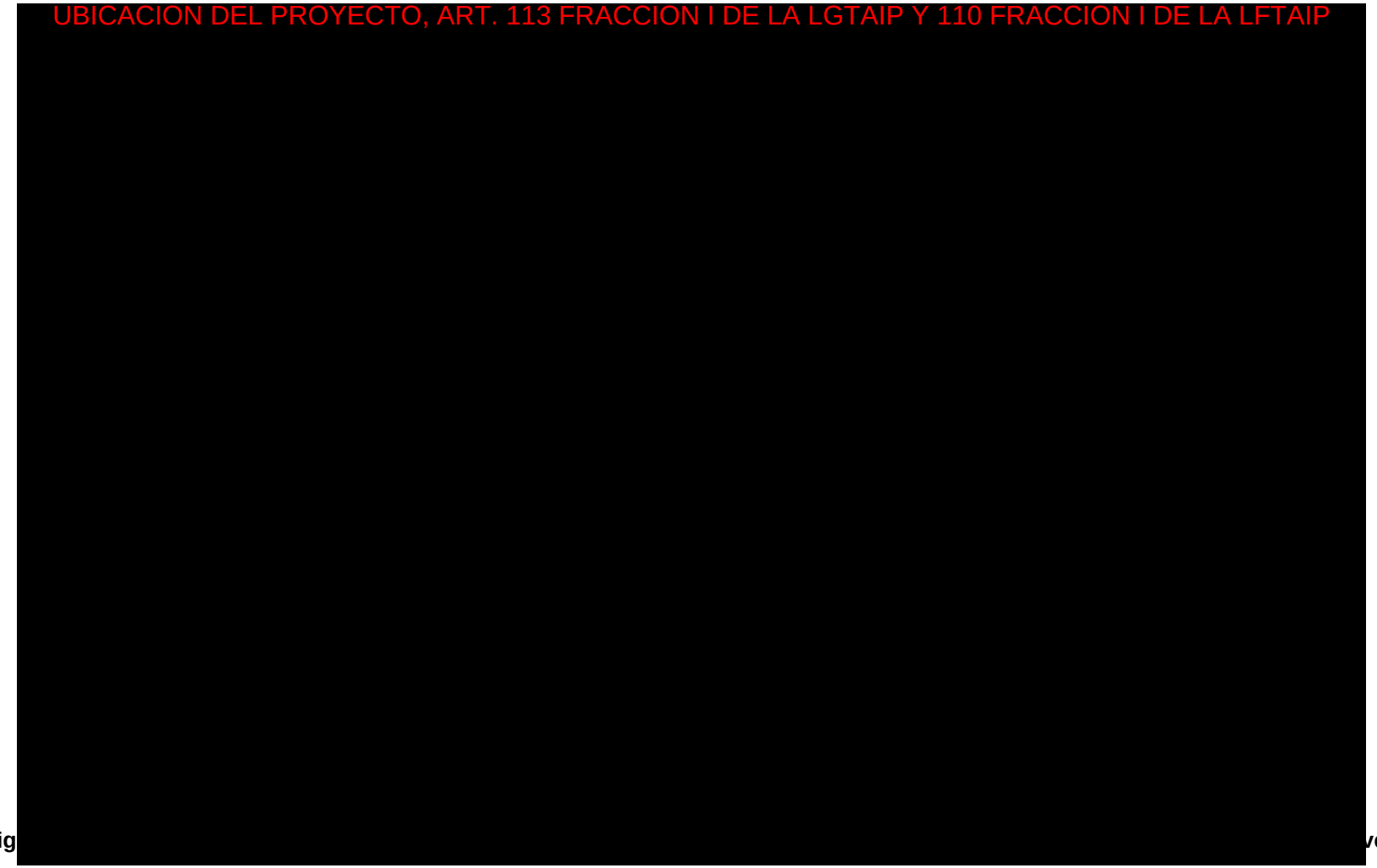
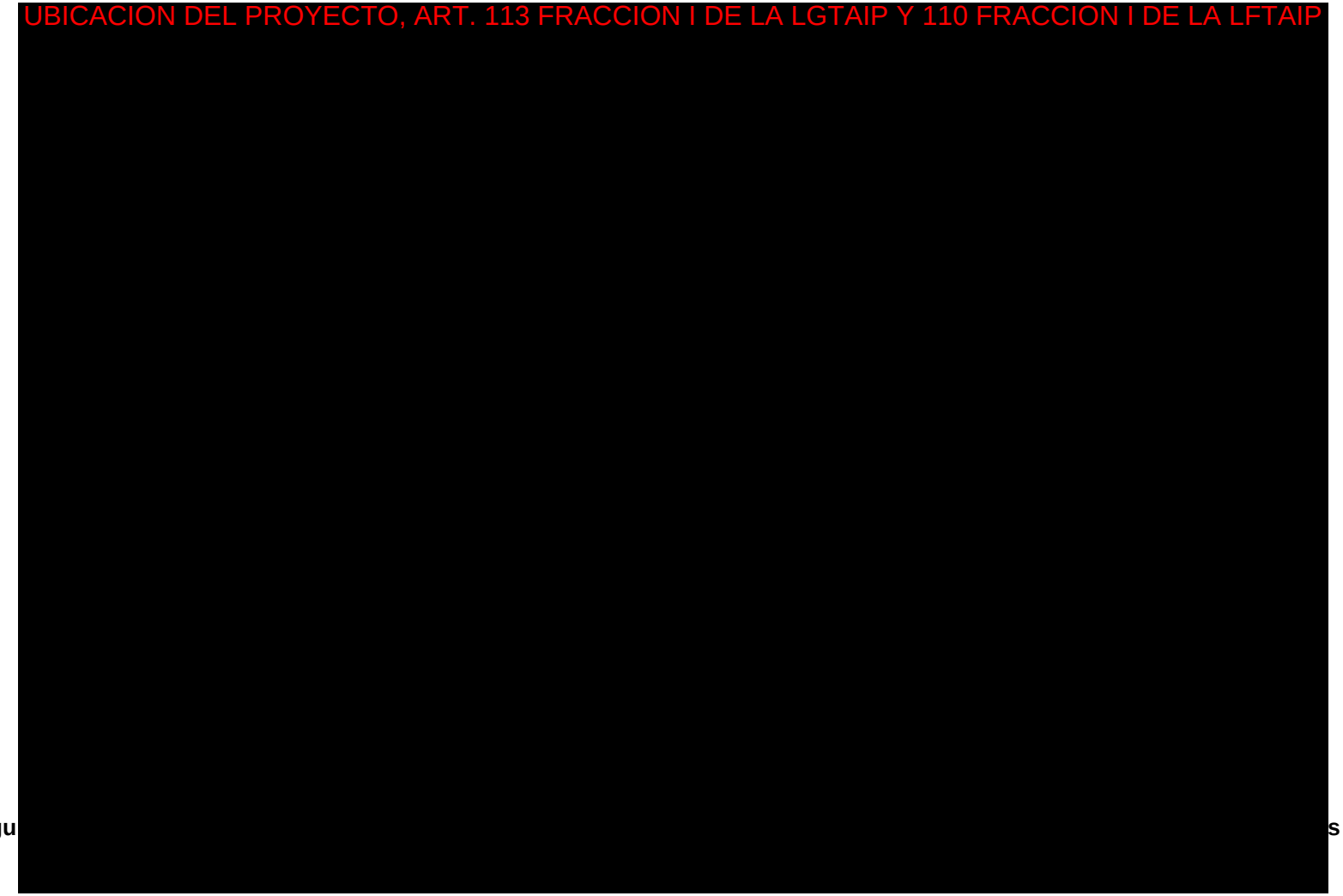


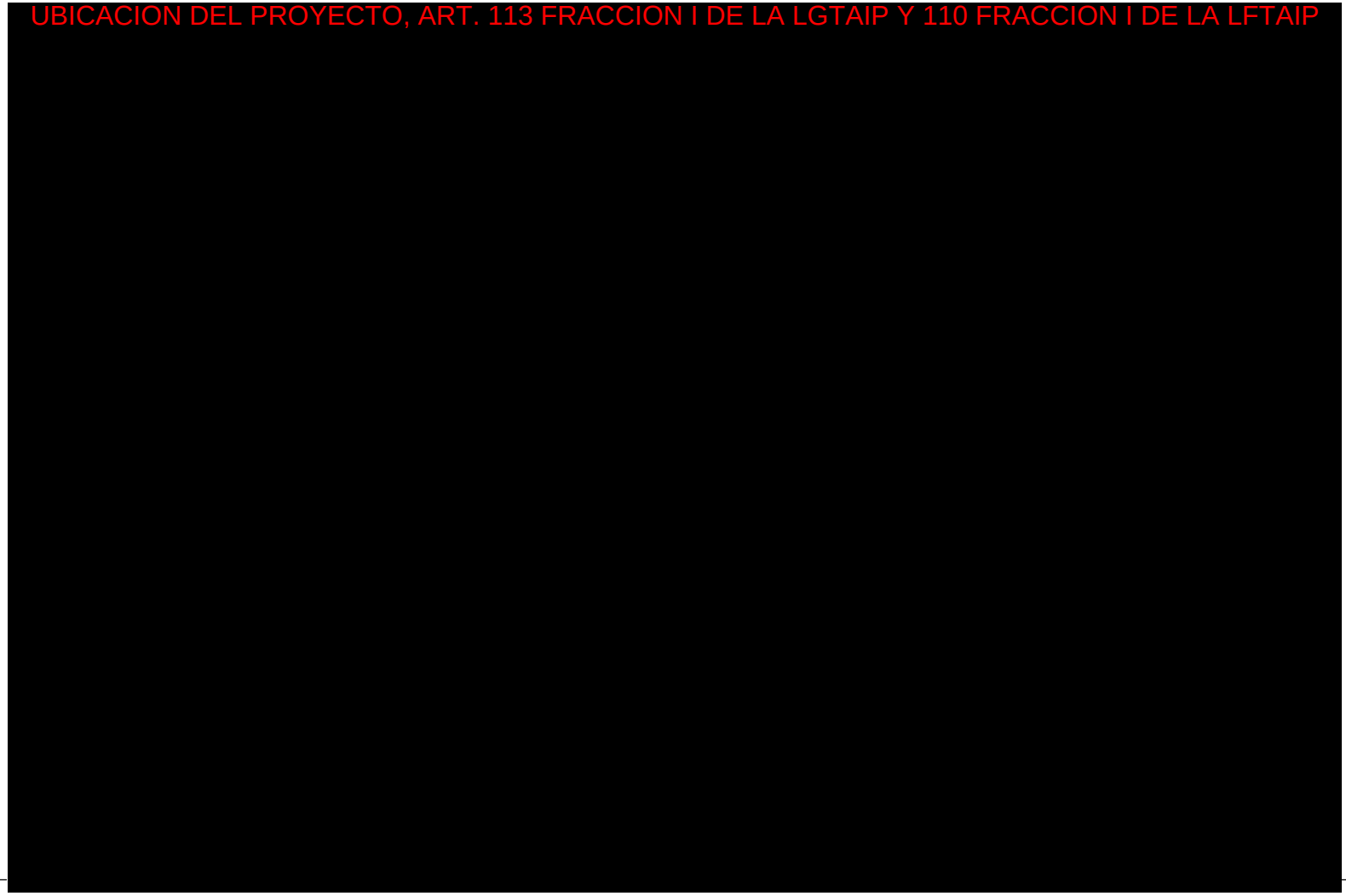
Fig **vento**

A dos días aproximadamente posteriores al derrame incidental la mancha de gasolina llegó a la costa que se localiza al sur de la Bahía de Guaymas donde comenzó a depositarse (siguiente figura).



Figu **s de**

Finalmente, en el trascurso de dos días con una hora la gasolina derramada se depositó totalmente a lo largo de la costa que se ubica al sur de la Bahía de Guaymas, ingresando incluso a las lagunas que se localizan en esta región.



Figu **de**

Índice

VI. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO 2

VI.1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD. 2

VI.2. INTERACCIONES DE RIESGO. 31

Tablas

Tabla VI.1. Efectos de la radiación calórica en incidente. 2
Tabla VI.2. Estimado de daños por sobrepresión en explosiones. 3
Tabla VI.3. Descripción de los posibles receptores de Riesgo. 6

Figuras

Figura VI.1. Evento inicial de Efecto Dominó: Escenario E2-N06-PC-TFE (CHAF), incendio en Tanque de Gasolina Regular TV-003. 27
Figura VI.2. Evento 2. Escenario E12-ED-EV2-TFE (CHAF), pérdida de contención en Tanques TV - 004 / 005 / 006 / 011 e incendio del combustible derramado (pool fire). 28
Figura VI.3. Evento 3. Escenario E13-ED-EV3-TFE (CHAF), pérdida de contención en el Tanque TV-013 y área de carga a carro-tanques, provocando incendio del combustible derramado (pool fire). 29
Figura VI.4. Alcances de los posibles eventos de efecto dominó en la Terminal de Fluidos El empalme. 30

VI. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E INTERACCIONES DE RIESGO

VI.1. Análisis de Vulnerabilidad.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa promovente del presente proyecto, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen el Proyecto. En todo el sistema existen una serie de uniones, accesorios y equipos que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias, en caso de fallas, las fugas o derrames estarán presentes inmediatamente.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software PHAST Versión 6.7, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

El análisis de vulnerabilidad busca determinar la magnitud de los efectos de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

Efectos Potenciales

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla VI.1. Efectos de la radiación calórica en incidente.

(KW/m^2)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
400	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos.	-
200	Debilitamiento del hormigón armado.	-
60	Máxima radiación tolerable por el cemento.	-
40	Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón pretensado. Destrucción de equipos y tanques.	-
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras.	100% de mortalidad en 1 minuto.
25	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por la larga exposición, sin llama.	1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 segundos.
12.5	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. Daños severos a equipos de instrumentación.	ZONA DE INTERVENCIÓN: máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.	-

(KW/m^2)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
9.5		Umbral de dolor alcanzado después de 8 segundos, quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
8	-	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 minuto. Asfixia por la disminución de Oxígeno y la exposición a los humos generados por el incendio.
4	-	ZONA DE ALERTA: suficiente para causar dolor si la exposición es mayor a 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.5	-	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.
1.39	-	No causará incomodidad en exposiciones prolongadas.

Manual Techniques for Assessing Industrial Hazards, Wold Bank.

Buettner, K., "Efectos del frío y calor extremos sobre la piel humana, II. Temperatura superficial, dolor y conductividad de calor en experimentos con calor radiante", Fis. Ap. Vol. 3. P. 703, 1951.

Metha, A.K., et al., "Medición de la inflamabilidad y potencial de combustión de tejidos",

Reporte sumario a la Fundación Nacional de la Ciencia bajo concesión #GI-31881, Laboratorio de investigación de combustibles, MIT, Cambridge, Mass, 1973.

Los efectos producidos por una explosión se generan a través de una serie de ondas expansivas, de tal forma que las ondas de mayor presión están situadas formando una circunferencia cercana al centro de la nube y las de menor presión se sitúan en circunferencias de diámetros mayores. La tabla siguiente muestra la relación entre la sobrepresión y el tipo de daño asociado.

Tabla VI.2. Estimado de daños por sobrepresión en explosiones.

Sobrepresión (psi)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que ya se encuentren bajo tensión.	
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al "boom" sónico.	
0.10	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.	
0.15	Presión típica para fallas en vidrio.	
0.30	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.	Sin probabilidad de daños importantes

Sobrepresión (psi)	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
0.40	Daño estructural menor limitado.	
0.50 - 1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en los marcos de las mismas.	
0.7	Daño menor a estructuras de casas.	
1.0	Demolición parcial de casas, estas se vuelven inhabitables.	
1.0 – 2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.	
1.0 – 8.0		Rango de lesiones leves y serias, debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio u otros misiles.
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.	
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.	
2.0 – 3.0	Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block prequemado.	
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.	
2.5	Destrucción del 50% del enladrillado casero.	
3.0	Edificios con estructura de acero: distorsionados y arrancados en sus cimientos.	
3.0 – 4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.	
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.	
5.0	Postes de madera arrancados.	
5.0 – 7.0	Destrucción casi completa de casas.	
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.	
7.0 – 8.0	Falla en muros de ladrillo de 8 a 12" de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.	
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con carga.	
10.0	Posible destrucción total de edificios.	
2.4 - 12.5		Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
14.5 - 29.0	Rango de 1 ha 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.	
300	Formación de cráter.	Catastrófico, letal

Baker, W.E; Explosion Hazards and Evaluation

Lees, F.P.; Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos, Vol. 1, Butterworths, London & Boston, 1980.

Para cada escenario de riesgo simulado se realiza un análisis y evaluación de los posibles efectos a los receptores de riesgo (Personas, población, medio ambiente, instalaciones, etc.), en el probable caso de que estos se lleguen a presentar, considerando además, las áreas de interés, instalaciones, población, personal, cruzamientos, componentes ambientales, que se encuentren dentro de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento.

De igual manera se mencionan las medidas preventivas que son consideradas para evitar el evento o minimizar la probabilidad de que ocurra, donde se justifica la compatibilidad del proyecto con el entorno.

Tabla VI.3. Descripción de los posibles receptores de Riesgo.

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E1-N05-PC-TFE. (CHAF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, inmediato al punto donde se genere el evento, las consecuencias para las personas pueden ser graves, es posible que se, presenten quemaduras de 1er grado en 10 segundos y quemaduras de segundo grado después de 20 segundos. Al límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 102 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m², será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Transmisor indicador de presión (PIT) • Alarmas por alto y alto-alto nivel (LAH y LAHH) en tanque • Paro por emergencia (ESD) • Dique de contención • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio).	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 200 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m², para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, será sobre los equipos e instalaciones que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, como lo son los tanques TV-002 / 003 / 007 y 008 de Diésel gasolina magna, turbosina y etanos respectivamente, donde la radiación alcanzada posiblemente causará que la instrumentación de estos, sufran severos daños.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E2-N06-PC-TFE. (CHAF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 113 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que rec birán una radiación aproximada de 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 191 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 205 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 282 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Transmisor indicador de presión (PIT) • Alarmas por alto y alto-alto nivel (LAH y LAHH) en tanque • Paro por emergencia (ESD) • Dique de contención • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio).	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 487 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 105 m, como lo es el propio TV-003 y tanques TV-001 / 002 / 004 / 005 / 006 / 011 y 013, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 191 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de la totalidad de los tanques de almacenamiento de combust bles, el área de bombas para carga de auto-tanques y el área de carga a carro-tanques, sufran severos daños por la radiación emitida. Inmerso en la Zona de Alto Riesgo (282 m), se encuentran las llenaderas de auto-tanques y bombas para carga de carro-tanques, sin embargo no se tendrá afectación relevante sobre esta infraestructura por el evento generado.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E3-N07-PC-TFE. (CHAF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 36 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada de 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 68 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 75 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 100 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Transmisor indicador de presión (PIT) • Alarmas por alto y alto-alto nivel (LAH y LAHH) en tanque • Paro por emergencia (ESD) • Dique de contención • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 168 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.	espuma contra incendio).	componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 36 m, como lo es el propio TV-007 y tanque TV-008, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 68 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación del tanque TV-008 y posiblemente del tanque TV-001, sufran severos daños por la radiación emitida. Inmerso en la Zona de Alto Riesgo (100 m), se encuentran las bombas para carga y llenaderas de auto-tanques, sin embargo no se tendrá afectación relevante sobre esta infraestructura por el evento generado.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E4-N07-PC-TFE. (CHAF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 34 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 40 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 60 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Transmisor indicador de presión (PIT) • Alarmas por alto y alto-alto nivel (LAH y LAHH) en tanque • Paro por emergencia (ESD)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 125 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.	• Dique de contención • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio).	R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 34 m, como lo es el propio TV-008 y tanque TV-007, ya que los niveles de radiación (12.5 kW/m^2) emitidos, causarán que la instrumentación de estos, sufra severos daños. Inmerso en la Zona de Alto Riesgo (60 m), se encuentran las bombas para carga y llenaderas de auto-tanques asi como el tanque TV-009, sin embargo no se tendrá afectación relevante sobre esta infraestructura por el evento generado.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E5-N10-CMP-TFE. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 27 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 32 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 34 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 39 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 55 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 26 m, como lo son las bombas utilizadas para el envío de combustible a llenaderas de auto-tanques, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 32 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de las bombas y alguna llenadera cercana al evento, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (39 m), se encuentran instalaciones de las llenaderas y el tanque TV-009, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E5-N10-CMP-TFE. (CHAF)	Personal / Población Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para los efectos esperados al Personal / Población y Ambiente, se tendrían los mismos daños que lo descrito para el escenario E5-N10-CMP-TFE. (CHOF), sin embargo estos abarcaran mayor magnitud dados los resultados de la simulación, donde para la ZAR (otro) se presentó un radio de 86 m y la ZAR de 123 m.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	De igual manera, los efectos esperados a la Producción / Instalación son similares a lo descrito en el escenario E5-N10-CMP-TFE. (CHOF), sin embargo se incluirían más equipos afectados, donde para los niveles de radiación de 40 kW/m2 a 50 m, se afectaría al área de bombas y llenaderas de auto tanques, así como al área de patines de medición, el tanque TV-009 y posiblemente al tanque TV-008.		
Escenario E5-N10-CMP-TFE. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 45 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 58 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	No se prevén afectaciones al medio ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 66 m donde se reciben 10 psi, como lo son el área de patines de medición, llenaderas, tanque TV-009 y posiblemente el tanque TV-008, ya que es factible la destrucción de estas áreas que conforman la Terminal, además, a un radio de 68 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (85 m) se encuentran los mismos equipos e instalaciones ya mencionadas, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).	espuma contra incendio)	Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E6-N11-CMP-TFE. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 15 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 18 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 20 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 22 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 31 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.	espuma contra incendio)	programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos de bombeo utilizadas para el envío de combustible a llenaderas de auto-tanques, mismas que se encuentren dentro de un radio de 14 m, donde se reciben niveles de radiación de 40 kW/m^2, la cual puede derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 18 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de las bombas, sufran severos daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (22 m), se encuentran las mismas instalaciones ya señaladas, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura a esta radiación emitida por el evento generado.		
Escenario E6-N11-CMP-TFE. (CHAF)	Personal / Población Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para los efectos esperados al Personal / Población y Ambiente, se tendrían los mismos daños que lo descrito para el escenario E6-N11-CMP-TFE. (CHOF), sin embargo estos abarcaran mayor magnitud dados los resultados de la simulación, donde para la ZAR (otro) se presentó un radio de 72 m y la ZAR de 85 m.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	De igual manera, los efectos esperados a la Producción / Instalación son similares a lo descrito en el escenario E6-N11-CMP-TFE. (CHOF), sin embargo se incluirían más equipos afectados, donde para los niveles de radiación de 12.5 kW/m2 a 32 m, se afectaría al área de bombas y llenaderas de auto tanques.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E6-N11-CMP-TFE. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias pueden ser fatales, de igual manera a los 5 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 8 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	No se prevén afectaciones al medio ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 11 m donde se reciben 10 psi, como lo son el área de bombas, ya que es factible la destrucción de estas áreas que conforman la Terminal, además, a un radio de 12 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (18m) se encuentran los mismos equipos e instalaciones ya mencionadas, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción y/o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).		
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E7-N12-CMP-TFE. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 27 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 32 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 34 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 39 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 55 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 26 m, como lo son las bombas utilizadas para el envío de combustible a bahías de carro-tanques, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 32 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de las bombas y del tanque TV-010 (cercano al evento), sufran daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (39 m), se encuentran instalaciones d del tanque TV-010, sin embargo no se tendrá ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E7-N12-CMP-TFE. (CHAF)	Personal / Población Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para los efectos esperados al Personal / Población y Ambiente, se tendrían los mismos daños que lo descrito para el escenario E7-N12-CMP-TFE. (CHOF), sin embargo estos abarcaran mayor magnitud dados los resultados de la simulación, donde para la ZAR (otro) se presentó un radio de 86 m y la ZAR de 123 m.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	De igual manera, los efectos esperados a la Producción / Instalación son similares a lo descrito en el escenario E7-N12-CMP-TFE. (CHOF), dado que se los receptores del riesgo siguen siendo las bobas y el tanque TV-010 y como adicional, posiblemente se afecte sin tanta relevancia el área de bahías para carro-tanques.		
Escenario E7-N12-CMP-TFE. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 45 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 58 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• PLC de Proceso • Transmisor e indicador de presión (PIT y PI) • Alarmas bajo-bajo nivel (LALL) en tanque para protección de bomba • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	No se prevén afectaciones al medio ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 66 m donde se rec ben 10 psi, como lo son el área de bahías de carro-tanques y el tanque TV-010, ya que es fact ble la destrucción de estas áreas que conforman la Terminal, además, a un radio de 68 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (85 m) se encuentran los mismos equipos e instalaciones ya mencionadas, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).	espuma contra incendio)	Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E8-N14-CMP-TFE. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 70 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 85 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 90 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 104 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Unidad de Control Local (UCL) monitoreada por el PLC de Proceso • Indicador de presión (PI) • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor de flujo (FT)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 148 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.	• Paro por emergencia (ESD) • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal R12.- Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 65 m, como lo son el cuarto de control y las llenaderas y área de bombas de auto-tanques, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 85 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de las bombas, llenaderas y del tanque TV-008, sufran daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (104 m), se encuentran las instalaciones ya mencionadas y además, los tanques TV-007 y TV-009, sin embargo no se tendrán ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		
Escenario E8-N14-CMP-TFE (CHAF)	Personal / Población Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para los efectos esperados al Personal / Población y Ambiente, se tendrían los mismos daños que lo descrito para el escenario E8-N14-CMP-TFE (CHOF), sin embargo estos abarcaran menor magnitud dados los resultados de la simulación, donde para la ZAR (otro) se presentó un radio de 70 m y la ZAR de 95 m.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	De igual manera, los efectos esperados a la Producción / Instalación son similares a lo descrito en el escenario E8-N14-CMP-TFE (CHOF), dado que se los receptores del riesgo siguen siendo el cuarto de control, las bombas y llenaderas, así como el tanque TV-010.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E8-N14-CMP-TFE (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 50 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 68 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• Unidad de Control Local (UCL) monitoreada por el PLC de Proceso • Indicador de presión (PI) • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor de flujo (FT) • Paro por emergencia (ESD) • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal R12.- Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	No se prevén afectaciones al medio ambiente.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 73 m donde se reciben 10 psi, como lo son el área de llenaderas y bombas de auto-tanques y cuarto de control, ya que es factible la destrucción de estas áreas que conforman la Terminal, además, a un radio de 75 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (87m) se encuentran los mismos equipos e instalaciones ya mencionadas, además, del tanque TV-008, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).		
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenario E9-N15-CMP-TFE. (CHOF)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse un incendio es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal, por lo que, en un radio de hasta 59 m de donde se genere el evento, las consecuencias para las personas será del 100 % de mortalidad en un minuto, ya que recibirán una radiación aproximada 37.5 kW/m^2. El personal ubicado a no más de 72 m donde se reciben 12.5 kW/m^2, presentará quemaduras de 1er grado en 10 segundos. A los 78 m donde se tendrán aproximadamente 10 kW/m^2 de radiación, las personas alcanzarán el umbral del dolor a los 8 segundos de exposición, presentando quemaduras de segundo grado después de 20 segundos, con 8 kW/m^2 se entra al umbral de letalidad por incendio para un tiempo de exposición de 1 minuto. A partir del límite de la Zona de Alto Riesgo a una distancia de 88 m y donde se tendrá una radiación de 5 kW/m^2, será suficiente para causar dolor si no se protege en 20 segundos, así mismo, es factible la formación de ampollas en la piel.	• Unidad de Control Local (UCL) monitoreada por el PLC de Proceso • Indicador de presión (PI) • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor de flujo (FT) • Paro por emergencia (ESD) • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal
		Amortiguamiento	Respecto a la Zona de Amortiguamiento, misma que va del límite de la ZAR y hasta los 125 m, donde se recibirán radiaciones de 1.4 kW/m^2, para las personas que reciban dicha radiación, no se tendrá incomodidad durante la exposición prolongada.		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para las posibles afectaciones del entorno ambiental, es importante señalar que no se encuentra ninguna ANP o cuerpo de agua inmerso en los radios que pudiera ser afectado. Respecto a la vegetación, las afectaciones serán nulas, dado que los alrededores se encontrará sin vegetación (por despalme y preparación del sitio en el predio), derivado de las condiciones en las que se encontrara el predio al instalar el proyecto y en el entendido que los radios de afectación no rebasan los límites del predio del regulado, siendo poco probable la ocurrencia de un incendio en estas. Por lo anterior no se tendrá efectos negativos al ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. El daño a la infraestructura que podría presentarse si el evento llegara a generarse, en la Zona de Alto Riesgo (Otro) se tienen principalmente en los equipos e instalaciones de la Terminal que se encuentren dentro de un radio de 56 m, como lo son las bahías de carga de carro-tanques y el tanque TV-004, ya que los niveles de radiación (40 kW/m^2) pueden derretir el acero del que están hechos dichos equipos. A 72 m se recibirán aproximadamente 12.5 kW/m^2, misma radiación que causará que la instrumentación de las bahías y del tanque, sufran daños por la radiación emitida. En los límites de la Zona de Alto Riesgo (88 m), se encuentran las instalaciones ya mencionadas, sin embargo no se tendrán ninguna afectación relevante sobre su infraestructura por el evento generado.		R12.- Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.
Escenario E9-N15-CMP-TFE. (CHAF)	Personal / Población Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	Para los efectos esperados al Personal / Población y Ambiente, se tendrían los mismos daños que lo descrito para el escenario E9-N15-CMP-TFE (CHOF), sin embargo estos abarcaran menor magnitud dados los resultados de la simulación, donde para la ZAR (otro) se presentó un radio de 68 m y en la ZAR una de mayor magnitud, con 93 m.		
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	De igual manera, los efectos esperados a la Producción / Instalación son similares a lo descrito en el escenario E9-N15-CMP-TFE (CHOF), dado que se los receptores del riesgo siguen siendo las bahías de carro-tanques, así como el tanque TV-004.		
Escenario E9-N15-CMP-TFE. (UVCE)	Personal / Población	Alto Riesgo	La afectación que se espera en las personas al momento de generarse una explosión es inminente, debido a que se encontrará personal operativo de la propia Terminal. La afectación a las personas que se encuentren inmediatas al punto de explosión, las consecuencias serán fatales, de igual manera a los 55 m se tiene el 90% a 100% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar, ya que se recibirían 25 psi aproximadamente. A 70 m del evento generado, las personas recibirán aproximadamente 14 psi lo que provocaría rotura de tímpanos.	• Unidad de Control Local (UCL) monitoreada por el PLC de Proceso • Indicador de presión (PI) • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor de flujo (FT)	R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso. R3.- Asegurar la aplicación del programa de
		Amortiguamiento	A las personas que se encuentren en los límites de la Zona de Alto Riesgo, recibirían 1 psi por lo que no provocará daños importantes a las personas, disminuyendo los daños aún más en la Zona de Amortiguamiento (ZA).		
	Ambiente	Alto Riesgo y Amortiguamiento	No se prevén afectaciones al medio ambiente.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
	Producción / Instalación	Alto Riesgo	Perdidas económicas derivadas del daño a los equipos y la perdida en la producción. La afectación principal será para los equipos que se encuentran dentro de un radio de 75 m donde se rec ben 10 psi, como lo son el área de bahías de carro-tanques y el tanque TV-004, ya que es fact ble la destrucción de estas áreas que conforman la Terminal, además, a un radio de 77 m se tendrían 7 psi donde el daño será probablemente el desprendimiento de los equipos o instalaciones aledañas por la sobrepresión ejercida. Dentro de los límites de la Zona de Alto Riesgo (92 m) se encuentran los mismos equipos e instalaciones ya mencionadas, dichas instalaciones recibirían de 3 a 1 psi, lo que provocaría la destrucción o deformación del concreto de los muros no reforzados de sus instalaciones, así mismo, las estructuras de acero podrían verse seriamente afectados (distorsión estructural).	• Paro por emergencia (ESD) • Sistema contra incendio (SG&F, sistemas de diluvio de agua y espuma contra incendio)	Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal R12.- Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.
		Amortiguamiento	Referente a la Zona de amortiguamiento, donde se tendrá una presión de 1 psi a 0.5 psi, normalmente se pueden presentar daño menor a las construcciones e instalaciones, ventanas de vidrio despedazadas, entre otras consecuencias menores.		

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
Escenarios E10-N01-PC-TFE y E11-N01-PC-TFE	Medio Ambiente	N/A	Para estos escenarios se realiza el cálculo de la tasa de emisión por una fuga de combust ble (Diésel y Gasolina) ya que al presentarse la ruptura de la manguera flotante que va del buque-tanque a la monoboya a consecuencia de las condiciones meteorológicas u oleaje adverso se produce dicho derrame, en la monoboya las condiciones de transvase son más seguras y como medida de seguridad en caso de que ocurra un derrame, cuenta con un sistema de contención para evitar la dispersión superficial del combustible. En ambas temporadas se observó que las trayectorias y velocidades de desplazamiento dependen de las condiciones hidrodinámicas presentes en el momento del derrame incidental de combustible. El tiempo que tardó en llegar el combust ble y depositarse completamente en las costas fue de horas o días, esto dependiendo de las condiciones hidrodinámicas presentes en una temporada u otra. En los escenarios de verano, la dispersión y trayectoria del derrame incidental de gasolina con respecto al de diésel fueron similares, mismo caso que los escenarios de invierno. Las pequeñas variaciones que presentaron fueron en la extensión de área que abarcaron en cada instante, siendo la mancha de diésel más extensa que la de gasolina. Esto debido principalmente a la diferencia de densidad que tienen estos combustibles.	• Acoplamientos anti-rotura en manguera. • Válvula de paro de emergencia (ESDV) • Supervisión física por parte de personal del Buquetanque	R1.- Monitorear de manera permanente el funcionamiento de las bombas cuando éstas se encuentren activadas. R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.

Clave de escenario	Receptores de riesgo	Tipo de Zona	Descripción de la Afectación	Salvaguardas existentes	Recomendaciones para implementar
		N/A	Dicho derrame producto de una contingencia con características probable de 3.17 X 10-4 fue determinada mediante la metodología de árbol de fallas. Las corrientes presentes en la zona de la Terminal durante el verano tienen una dirección dominante hacia el norte y noroeste, por lo cual, si se presentara un derrame incidental de combustible durante esta temporada, la pluma de combustible tendera a desplazarse hacia la costa de Empalme, llegando a ella en el transcurso de algunas horas. Durante el invierno, las corrientes en la zona de la Terminal presentan una dirección dominante hacia el este y sureste, en estas condiciones si se presentara algún derrame incidental de combustible, la pluma de combust ble tendera a desplazarse hacia la zona costera que se ubica al sur de la bahía de Guaymas, llegando a la misma y depositándose en este sitio, además se observó que parte del combust ble ingresa a las lagunas que se localizan en esta región en el transcurso de dos a tres días aproximadamente. El tipo de combust ble derramado puede influir en la dispersión de la mancha de combust ble, debido a la diferencia de densidades principalmente. La trayectoria y la velocidad de desplazamiento de la mancha de combust ble derramado incidentalmente dependerán de las condiciones hidrodinámicas dominantes durante el incidente. Es recomendable implementar medidas y/o planes de contingencia con mayor eficiencia que eviten que los combust bles se dispersen y lleguen a las costas, disminuyendo los posibles daños ambientales, tales como una "barrera de contención" que permita controlar el derrame.		R4.- Monitorear condiciones climatológicas

EVENTOS GENERADOS POR UN EFECTO DOMINÓ

A partir del análisis histórico de los accidentes mayores reportados en las bases de datos internacionales, aseguran que muchos de los accidentes que han ocurrido en instalaciones con Procesos de Almacenamiento y Conducción de Hidrocarburos, son el resultado de un inesperado efecto dominó (ED).

Cuando un accidente ocurre en el interior de una Planta para Almacenamiento y reparto de Hidrocarburos o algún otro proceso relacionado con Hidrocarburos, sus efectos físicos (sobrepresión, radiación térmica y el impacto de fragmentos generados en la explosión) generalmente dañan el equipamiento circundante lo cual puede conducir a pérdidas de contención y escenarios de accidentes adicionales.

El impacto de un accidente dominó depende en gran medida del diseño y naturaleza de la instalación, así como de la presencia de las salvaguardas o sistemas de seguridad adecuados.

Narrativa de la secuencia del Efecto Dominó.

Evento inicial. Escenario E2-N06-PC-TFE (CHAF).

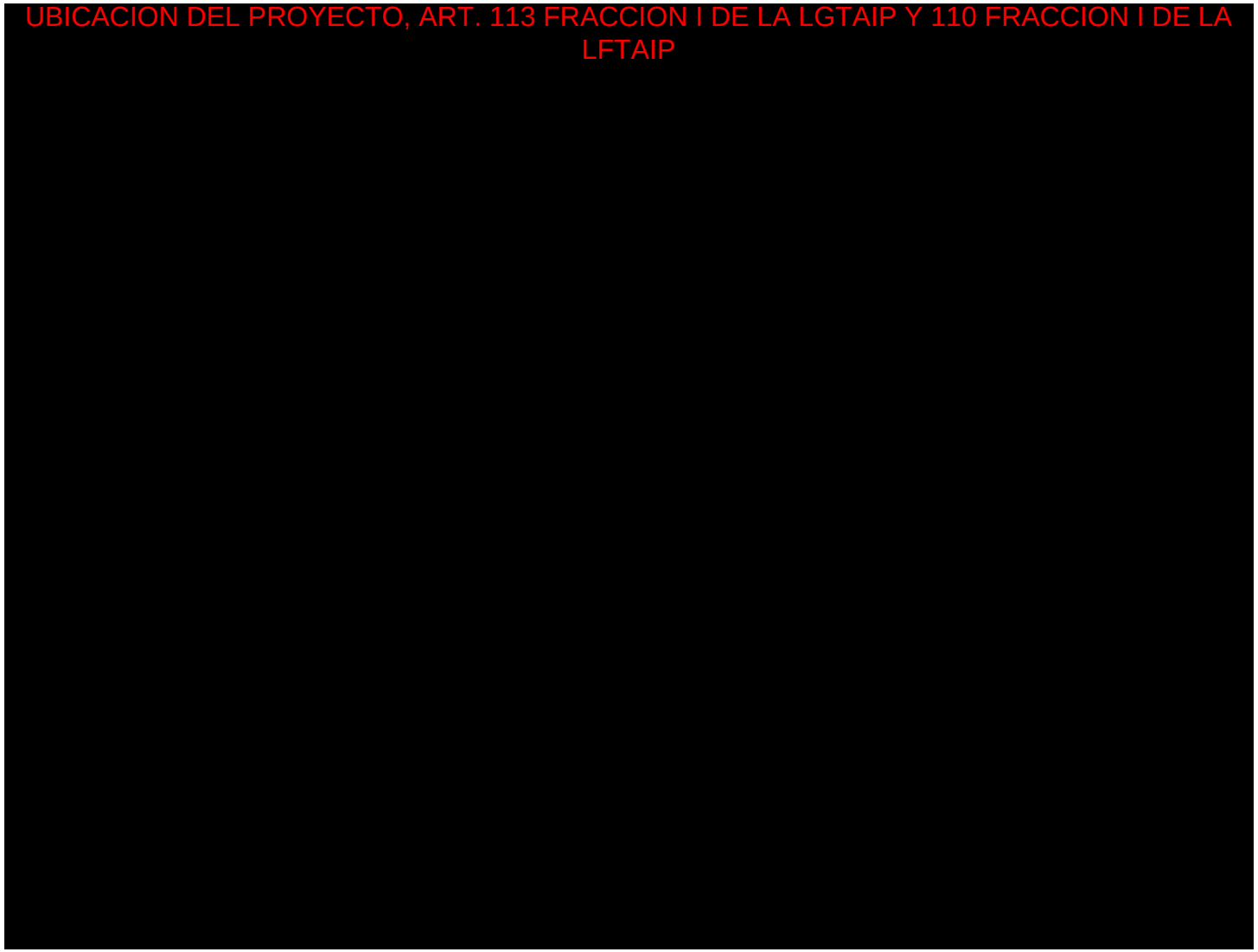
En el presente Análisis de Riesgo se identificó que derivado de los radios de afectación del evento iniciador por fuego (CHAF: Charco de fuego / Pool fire) de la simulación E2-N06-PC-TFE (CHAF) (Evento inicial); donde se plantea el incendio de un "Derrame de 79,488 litros (79.488 m3) de Gasolina por el llenado excesivo del Tanque (TV-003/004/005/006), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación", se tendrían daños catastróficos (destrucción de equipos y tanques) sobre los equipos principales de la Terminal debido a las radiaciones alcanzada de 37 - 40 kW/m^2; como lo es el propio tanque TV-003, tanques de diésel TV-001 y TV-002, así como a los tanques de Gasolina Premium y Magna TV- 004 / 005 / 006 / 011, por lo que es posible que el evento resulte en un efecto dominó (**Ver Figura VI.1 y Figura V.2 en capítulo V del ARSH**).

Evento 2. Escenario E12-ED-EV2-TFE (CHAF).

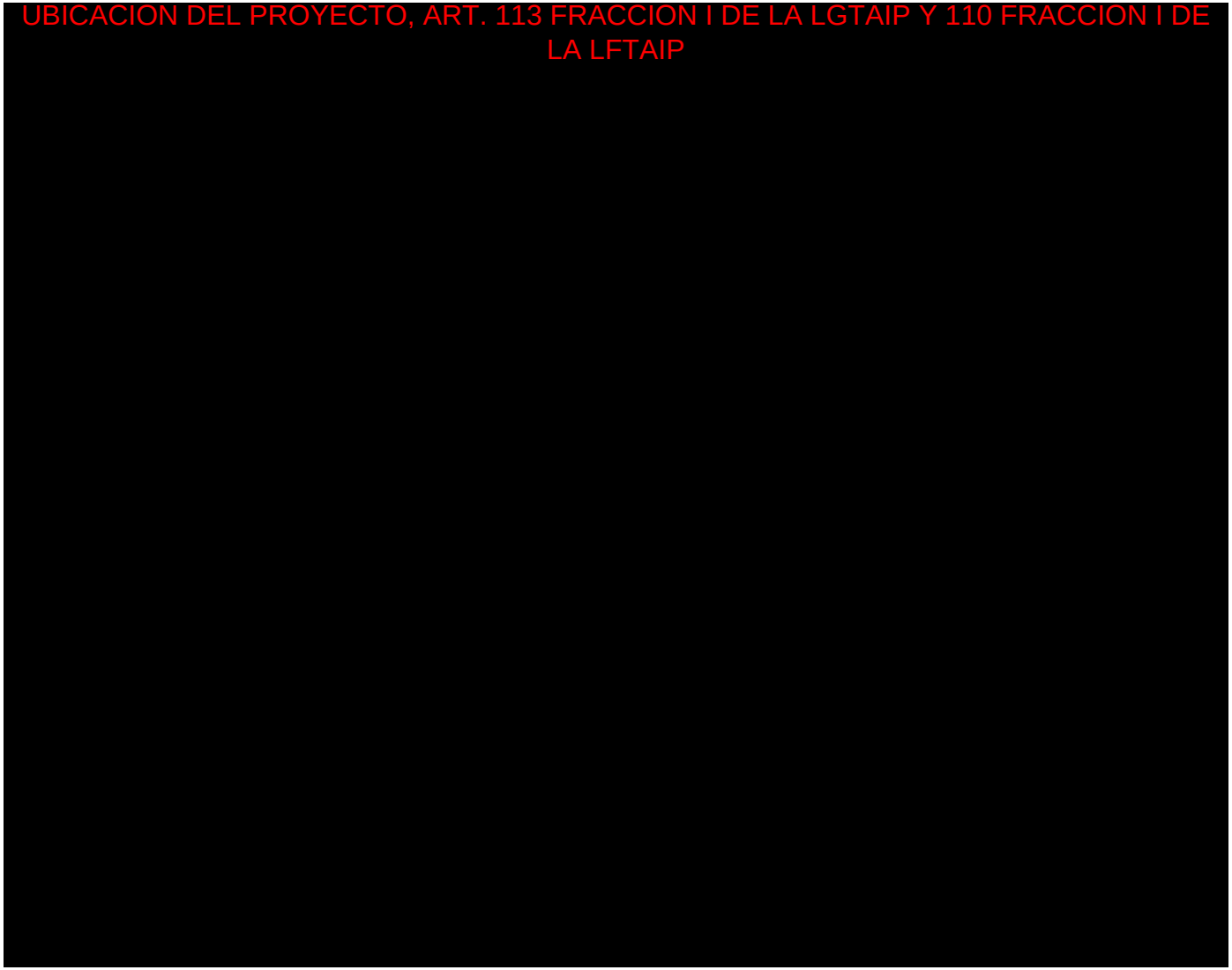
Considerando que los Tanques de Gasolinas y Diésel mencionados, son las instalaciones de mayor relevancia en materia de riesgo y que estos se verán afectados por la exposición a 37 - 40 kW/m^2 de radiación, provocaría la perdida de contención en estos y ocasionaría el derrame del combustible en su dique de contención, mismo combustible que se incendia (pool fire). La superficie abarcada por el incendio de Gasolina Magna y Premium en tanques TV - 004 / 005 / 006 / 011, es de 110,426 m^2 (Área color rojo de la **Figura VI.2**).

Evento 3. Escenario E13-ED-EV3-TFE (CHAF).

Los radios de afectación originados por los Tanques (TV-004 y TV-0011) de Gasolina Magna, al incendiarse, afectarían el área de carga a carro-tanques, la cual presentaría severas fallas en sus equipos y además, se provocaría la perdida de contención del Tanque TV-013, mismas instalaciones que derramarían el combustible contenido (el combustible del Tanque TV-013 se derrama en su dique de contención) y este se incendiaría (pool fire). El área comprendida por los radios de afectación seria de 6,342 m^2 para la zona de carga a carro-tanques (área color azul) y de 42,008.4 m^2 para el Tanque TV-013 (área color verde).


UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP



Fi / 011

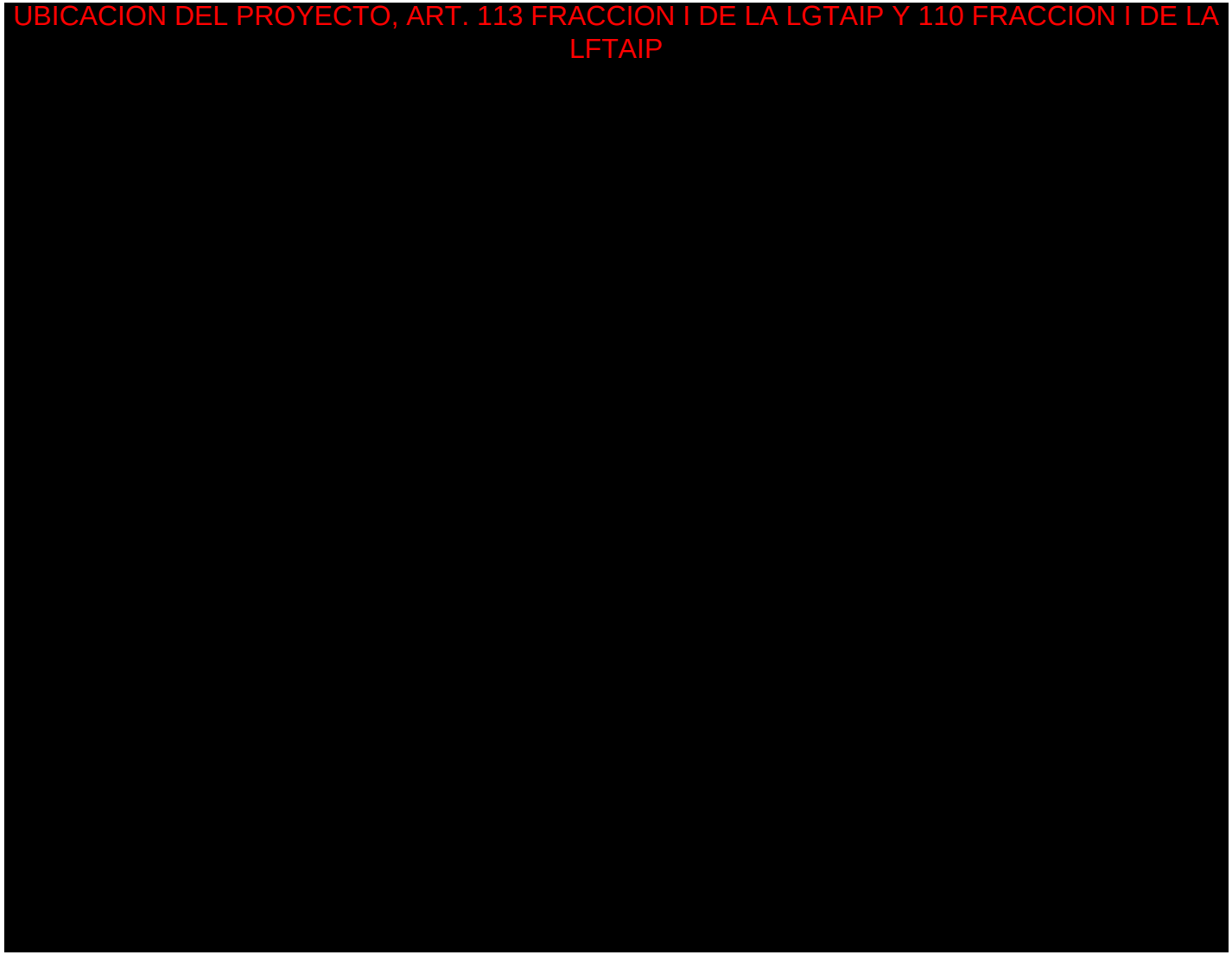
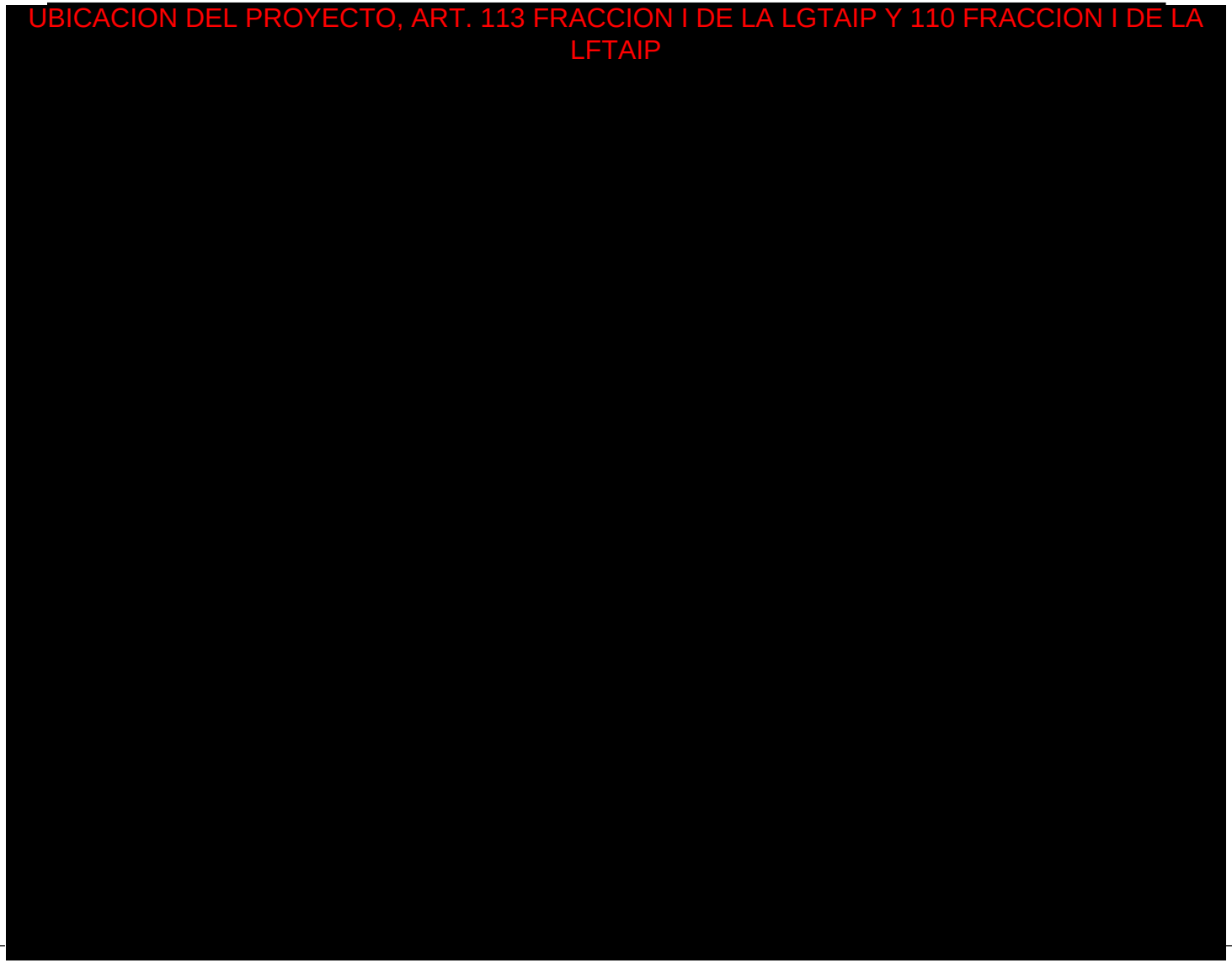


Figura VI. rro-tanques,


UBICACION DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

VI.2. Interacciones de Riesgo.

A continuación se señalan los equipos y/o instalaciones potencialmente afectadas que se encuentra dentro de las Zonas de Alto Riesgo por daño a equipos y Zonas de Alto riesgo.

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
E1-N05-PC-TFE	Tanque de Almacenamiento Diésel (TV-001)	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	-		
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	102.36	Tanque Diésel (TV-01) Tanque Diésel (TV-02) Tanque Gasolina Magna (TV-03) Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Recuperadora Vaporador	Incide 80.47 m 64.45 m 73.09 m 72.65 m 90.50 m 81.56 m
E2-N06-PC-TFE	Tanque de Almacenamiento Gasolina Magna (TV-003)	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	191.42 m	Tanque Magna (TV-05) Tanque Magna (TV-05) Tanque Premium (TV-06) Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Tanque Magna (TV-10) Tanque Magna (TV-11) Tanque Diésel (TV-12) Tanque Premium (TV-13) Bombas para Carga de Auto-Tanques Recuperadora de Vapor	Incide 98.75 59.01 156.74 155.62 157.59 171.00 95.36 182.03 111.68 178.00 124.00

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	282.48 m	Tanque Magna (TV-05) Tanque Magna (TV-05) Tanque Premium (TV-06) Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Tanque Magna (TV-10) Tanque Magna (TV-11) Tanque Diésel (TV-12) Tanque Premium (TV-13) Bombas para Carga de Auto-Tanques Llenaderas Bombas para Carga de Carro-Tanques Área de carga a Carro-Tanques Patines de Medición Recuperadora de Vapor	Incide 98.75 59.01 156.74 155.62 157.59 171.00 95.36 182.03 111.68 178.00 207.00 230.00 134.00 201.50 124.00
E3-N07-PC-TFE	Tanque de Almacenamiento para Turbosina (TV-008)	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	68.83 m	Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Diésel (TV-01) Tanque Etanol (TV-07)	Incide 62.30 32.90
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	100.16	Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Diésel (TV-01) Tanque Diésel (TV-02) Tanque Etanol (TV-07) Bombas para Carga de Auto-Tanques Llenaderas	Incide 62.30 94.04 32.90 37.62 43.62
E4-N07-PC-TFE	Tanque de Almacenamiento para Etanol (TV-007)	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	34.85	Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08)	Incide 32.05
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	60.97	Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08)	Incide 32.05

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
E5-N10-CMP-TFE	Sistema de Bombas para Auto-Tanques	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	86.84	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Diésel (TV-02) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas Patines de Medición	 83.10 52.25 32.73 24.91 48.11
			Chorro de Fuego	34.85	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas	incide 32.73 24.91
			Explosión	72.58	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas Patines de Medición	incide 52.71 32.73 24.91 48.11
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	123.67	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Diésel (TV-01) Tanque Diésel (TV-02) Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas Patines de Medición Cuarto de Control	Incide 108.64 83.10 95.45 52.71 32.73 24.91 48.11 102.38
			Chorro de Fuego	39.59	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas	Incide 32.73 24.91
			Explosión	85.80	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Diésel (TV-02) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas Patines de Medición	incide 83.10 52.25 32.73 24.91 48.11
E6-N11-CMP-TFE		Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	32.61 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas	Incide 32.73 24.91

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
	Sistema de Bombas para Auto-Tanques		Chorro de Fuego	18.13 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques	incide
			Explosión	13.96 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques	incide
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	56.86 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Llenaderas Patines de Medición	incide 52.71 32.73 24.91 48.11
			Chorro de Fuego	22.13 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques	Incide
			Explosión	18.12 m	Bombas para Carga de Auto-Tanques	incide
E7-N12-CMP-TFE	Sistema de Bombas para Carro-Tanques	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	86.84	Bombas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12)	Incide 39.01
			Chorro de Fuego	35.65	Bombas para Carga de Carro-Tanques	incide
			Explosión	72.58	Bombas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12)	Incide 39.01
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	123.67	Bombas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12) Tanque Premium (TV-13) Llenaderas para Carga de Carro-Tanques	Incide 39.01 90.08 111.27
			Chorro de Fuego	39.59	Bombas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12)	Incide 39.01
			Explosión	85.80	Bombas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12)	Incide 39.01

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
E8-N14-CMP-TFE	Sistema de Carga de Combustibles Llenaderas para Auto-Tanques	Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	85.63	Llenaderas para Carga de Auto-Tanques Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Cuarto de Control	Incide 37.38 69.34 59.33
			Chorro de Fuego	70.20	Llenaderas para Carga de Auto-Tanques Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Cuarto de Control	Incide 37.38 69.34 59.33
			Explosión	77.80	Llenaderas para Carga de Auto-Tanques Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Cuarto de Control	Incide 37.38 69.34 59.33
		Alto Riesgo	Charco de Fuego	104.73	Llenaderas para Carga de Auto-Tanques Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Patines de Medición Cuarto de Control	Incide 37.38 95.95 69.34 86.79 97.94 59.33
			Chorro de Fuego	95.73	Llenaderas para Carga de Auto-Tanques Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Etanol (TV-07) Tanque Turbosina (TV-08) Tanque Transmix (TV-09) Cuarto de Control	Incide 37.38 95.95 69.34 86.79 59.33
			Explosión	87.61	Bombas para Carga de Auto-Tanques Tanque Turbosina (TV-08) Cuarto de Control	37.38 69.34 59.33
E9-N15-CMP-TFE	Sistema de Carga de	Alto Riesgo	Charco de Fuego	68.00 m	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Premium (TV-13)	incide 38.47

Clave de Escenario	Equipo donde se presenta el evento simulado	Tipo de Zona	Tipo de Evento	Radio de Afectación	Equipos o Instalaciones Presentes en el Radio de Afectación	Distancia (m)
	Combustibles Llenaderas para Carro-Tanques		Chorro de Fuego	72.82 m	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Premium (TV-13)	incide 38.47
			Explosión	81.11 m	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Premium (TV-13) Tanque Magna (TV-04)	incide 38.47 75.00
		Alto Riesgo en Equipos	Charco de Fuego	93.38	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Diésel (TV-12) Tanque Premium (TV-13) Tanque Magna (TV-04)	incide 92.10 38.47 75.00
			Chorro de Fuego	88.92	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Premium (TV-13) Tanque Magna (TV-04)	incide 38.47 75.00
			Explosión	92.79	Llenaderas para Carga de Carro-Tanques Tanque Premium (TV-13) Tanque Magna (TV-04) Tanque Diésel (TV-12)	incide 38.47 75.47 92.10

En relación a los Escenario 10 y 11, correspondientes a derrame de Diésel y Gasolina en el lecho marino, respectivamente, se simuló su dispersión y desplazamientos a diferentes tiempos de ocurrido el evento, para estos casos, las interacciones de riesgo serian sobre el propio lecho marino y las especies, que de manera puntual se encuentren durante la ocurrencia del mismo.

ÍNDICE

VII. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO..... 2

VII. REPOSICIONAMIENTO DE ESCENARIOS DE RIESGO.

Con el fin de reposicionar los Escenarios de Riesgo identificados y jerarquizados en el capítulo IV del presente ARSH, se tomará en cuéntalo indicado a continuación, para confirmar los valores de frecuencia (probabilidad) y consecuencias (severidad):

a. Para los Escenarios de Riesgo analizados en el apartado IV.2 (Análisis Cuantitativo de Riesgo) del capítulo IV del ARSH, se tomará en cuenta la información generada en dicha sección, de tal manera que se analicen los resultados para confirmar o rectificar los valores de frecuencia.

b. Para los Escenarios de Riesgo analizados, se tomará en cuenta la información generada en la en el capítulo VI, relativo al análisis de Vulnerabilidad, de tal manera que se analicen los resultados para confirmar o rectificar los valores de consecuencias.

c. Para todos los Escenarios de Riesgo, también se tomará en cuenta para la ponderación de frecuencia y consecuencia todos los controles y medidas de reducción de Riesgos (Salvaguardas, protecciones o barreras) de tipo preventivo, de control y de mitigación incluyendo los sistemas activos de contraincendios que tiene consideradas en el diseño del Proyecto.

La Reponderación de los Escenarios, por cada Nodo Analizado se muestra en el **Anexo 11.**

Específicamente para los escenarios o desviaciones identificados en la metodología HazOp, que dieron origen a los Escenarios de Riesgo E1 al E4, la ponderación para la gravedad de las consecuencias se reponderó a 1 "Catastrófico", dado los resultados del análisis de Vulnerabilidad, sin embargo, el valor de frecuencia se disminuyó, asignando el valor de 5 "Improbable", derivado de los resultados del análisis de frecuencias, donde la probabilidad de ocurrencia de un derrame en tanques, resulto de $2.94X10^{-8}$. Por lo anterior, estos escenarios fueron reposicionados de una categoría de riesgo "Serio; B" a una categoría de "Medio; C". De igual manera, para los Escenarios de Riesgo E5 a E7, la categoría de riesgo se reposicionó en un nivel "Medio; C", resultado de asignar un valor de frecuencia de 3 a 4 para la gravedad de las consecuencias. En los escenarios E8 y E9, el valor de consecuencia permaneció igual al analizado en un principio, mientras que el valor de la frecuencia se reposicionó de 4 a 5, dados los resultados del análisis de frecuencias, ya que la probabilidad de ocurrencia de un derrame en área de llenaderas de auto- tanques / carro-tanques, resulto de $9.0X10^{-8}$, disminuyendo el riesgo a un nivel "Medio; C".

En los escenarios de derrame en el área marina (E10 y E11), la frecuencia de ocurrencia de este evento, resulto con un probabilidad de $3.17X10^{-4}$, lo que indica que este no es realista que ocurra, donde también se reposicionó en un nivel de riesgo "Medio; C".

Por lo anterior, los valores identificados en la Zona ALARP, fue posible su reposicionamiento en una zona de riesgo Tolerable (aceptable).

ÍNDICE

VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO. 2

VIII.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD. 2

VIII.2. MEDIDAS PREVENTIVAS. 7

VIII.3. RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS. 13

TABLAS.

Tabla VIII.1. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos. 13
Tabla VIII.2. Programa para la implementación de las Recomendaciones 15

VIII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

VIII.1. SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Dentro de los sistemas de seguridad y control de la Terminal, se encuentran una serie de equipos, dispositivos y sistemas que permitirán la atención de cualquier situación de riesgo que se pueda presentar, mismos que a continuación se describen:

Sistemas de Control.

El Proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme" contará con sistemas independientes para control de proceso a base de un control distribuido, sistema de Gas y Fuego, sistema de Paro por Emergencia, sistema de Logística, sistema de Programa de Carga y Control de Acceso de Auto-tanques a la Terminal, sistema de Recuperación de Vapores, sistema de Aditivación, sistema de Mezclado, sistema de Inventarios, sistema de Medición en el recibo del lado de la terminal y sistema de Medición en Llenaderas con transferencia de custodia.

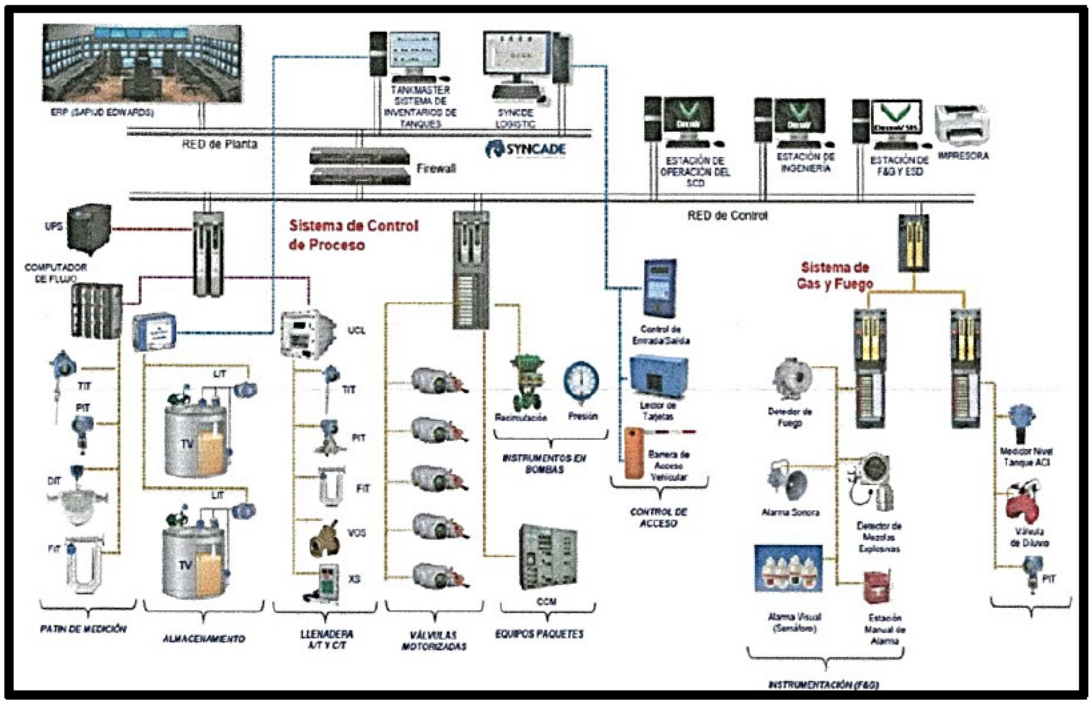
El Sistema de Control de Proceso o Control Distribuido (SCD) será implementado similar al modelo DeltaV, el cual realizará el control de la terminal, contando este sistema con Redundancia en fuentes de alimentación, Procesador y Comunicaciones.

El Sistema de Control de Proceso de Automatización ayudará a mejorar sus operaciones mediante el aprovechamiento de las tecnologías predictivas de hoy, que es una manera fácil, intuitiva e interoperable para conectar personas, procesos y producción.

El sistema preseleccionado se basa en la arquitectura llamada "Peer to Peer" en vez de las tradicionales arquitecturas "cliente / servidor", con la ventaja de ser una arquitectura más rápida, más flexible, y más confiable, entre otras ventajas. Otro aspecto importante de este sistema es que sus dispositivos de campo los integra en una red digital llamada "PlantWeb", caracterizándose por ayudar a detectar problemas de operaciones, procesos y equipos antes de que ocurran. Los controladores del sistema modelo DeltaV proveen también la comunicación y control entre los dispositivos de campo y otros nodos de control en la Red.

Esta Terminal, usará a medida que lo permitan los estándares vigentes, protocolos digitales que permitan tener un mayor control y diagnóstico y que tanto la instrumentación como los actuadores de válvulas, aporten al sistema más allá de una sola variable a medir o controlar, como sucede en los tradicionales conexiones analógicas , sino que permitan diagnosticar e informar de manera anticipada al sistema de control, el estado de "salud" que se tiene en dichos equipos. Esto con la finalidad de implementar más el concepto de mantenimiento predictivo en mayor porcentaje que el mantenimiento reactivo.

En la siguiente imagen se muestra la arquitectura del Sistema de Control de Proceso junto con los sistemas de gas y fuego, paro por emergencia, control de inventarios y sistema de logística por mencionar los más importantes.



Paro por Emergencia

El diseño de la "Terminal de Fluidos De Empalme", contará con un sistema de paro por emergencia, conocido también como sistema instrumentado de seguridad (SIS), tendrá sus controladores de acuerdo con los códigos IEC (61508 y 61508), con la finalidad de que tengan un alto grado de confiabilidad, mayor al del sistema de control de proceso o de los computadores de flujo, lo cual se mide de acuerdo a la normatividad por un nivel de SIL-3 al momento, dado que será confirmado cuando se termine la ingeniería de detalle y se actualice el estudio de análisis de riesgo respectivo.

El Sistema de Paro por Emergencia preseleccionado está basado en Controladores modelo DeltaV SIS CHARMS, quienes realizarán las acciones de paro por emergencia. Estos controladores deben contar con certificación hasta SIL 3, al igual que los controladores preseleccionados. Una característica adicional es que las tarjetas de entradas y salidas de este sistema deberán ser redundantes.

El Hardware del sistema preseleccionado deberá proporcionará apertura de personalización para adaptar los requerimientos del sistema para cualquier aplicación de seguridad.

El sistema preseleccionado modelo DeltaV SIS, es modular, y las fuentes de alimentación del sistema, los canales de comunicación, el hardware y los sistemas operativos en tiempo real, serán completamente independientes del sistema básico de control del proceso antes mencionado, manteniendo la separación requerida por IEC 61511. El sistema proporcionará bloques de funciones certificados por IEC 61508 con las ventajas de la tecnología de ingeniería avanzada.

Sistema Contra Incendio

El diseño de la Terminal contempla un Sistema Contra incendio en las áreas de almacenamiento, recepción, entrega, diseñado y construido con base a la regulación NFPA 11, NFPA 16, NFPA 20, NFPA 25 y NFPA 30, API 650 y con las Normas Oficiales Mexicanas, NOM-006-ASEA-2017, Normas Mexicanas, Códigos, Estándares y Mejores Prácticas Internacionales.

Red de agua contra incendio

La terminal contará con una factibilidad de suministro de agua potable y agua tratada por 7 metros cúbicos por segundo la cual garantice el suministro de agua en flujo y presión suficientes para combatir el incendio de mayor magnitud (riesgo mayor) que pudiese presentarse en la Terminal de conformidad con lo establecido en la NOM-006-ASEA-2017.

El sistema contra incendio será una red cerrada de agua a base de anillos que se distribuye en toda la terminal, cuya presión es suministrada por bombas de agua que arrancan cuando se activa el sistema para mitigar algún incidente o al presentarse alguna emergencia y el agua será almacenada en tanques como parte de la red. También contará con una bomba "Jockey" para mantener presurizado en todo lo momento la red de agua incluyendo el punto más lejano de las bombas a una presión no menor de 7 Kg/cm2.

Esta red incluye la instalación de "Hidrantes" y "Monitores" capaces de suministrar el agua a toda la infraestructura en caso de una emergencia, cuya ubicación estará definida perfectamente, con la finalidad de mitigar cualquier incendio o mezcla explosiva que se presente dentro de la Terminal.

Cada tanque deberá tener un sistema de protección contra incendio que será a base de inyección superficial y/o subsuperficial de espuma mecánica (Para etanol se deberá considerar el "Universal Gold" que es la nueva generación de Espuma Formadora de Película acuosa resistente al alcohol (1% AR- 3% AFFF)). Podrá tener uno o ambos sistemas y esto dependerá de las propiedades del fluido, características del tanque, tipo de techo, con o sin membrana interna flotante y de los sistemas contra incendio de espuma fijo, semifijos y móviles.

El sistema de inyección superficial de espuma mecánica estará sobre la membrana interna flotante para extinguir el incendio. Las cámaras de inyección deberán estar distribuidas uniformemente en el diámetro del cuerpo, a un nivel adecuado para cubrir de forma inmediata la superficie requerida de la membrana interna flotante.

Una plataforma de servicio es necesaria para dar mantenimiento a las cámaras de inyección de espuma. La plataforma estará ubicada en la parte exterior del cuerpo.

El sistema de protección contra incendio a base de inyección de espuma mecánica deberá cumplir con el Estándar 11 y 30 de NFPA

Cobertizo Contra Incendio

La Terminal considera en su diseño un área de cobertizo contra incendio, donde estará ubicado el equipo de bombeo de la red contra incendio y para el suministro de agua y espuma.

Equipo de Bombeo

Arreglo de bombas de agua contra incendio.

a) Bomba Jockey (1 x 90 gpm a 140 psi; bomba con motor eléctrico)
b) Bomba de Agua Contra incendio Principal (2 x 3,000 gpm a130 psi; bomba accionada por motor de combustión interna (diésel)
c) Bomba de Agua Contra incendio de Respaldo (2 x 3,000 gpm a 130 psi; Bomba de Agua Contra incendio, también de combustión interna de Respaldo (diésel)

Las bombas principales deberán contar con un arreglo de tuberías tal que incluya:

a) Una válvula automática de purga para "expulsar" el aire, y cuya descarga sea atmosférica.
b) Un medidor de presión conectado a la descarga de la bomba a través de una válvula y con una lectura de al menos el 200% de la presión nominal de descarga de la bomba o de 200 psig, la que sea mayor.
c) Un mano-vacuómetro conectado a la succión de la bomba a través de una válvula.
d) Interruptor de baja presión (PSL-01 y PSL-02) en la succión de cada bomba, alambrado al tablero de control local de las bombas con alarma audible y visible locales, la señal de alarma por baja presión se enviará al sistema de gas y fuego por medio de la comunicación serial del mismo tablero.
e) Una válvula de relevo "mecánica" en las bombas accionadas por motor de combustión interna que permita desviar el flujo de la bomba hacia el drenaje calibrada al 121% de la presión de descarga cerrada (shut-off).
f) Un arreglo de válvula de accionamiento manual para cada bomba que permita desviar el flujo de cada una de las bombas hacia un cabezal de pruebas dotado de un medidor de flujo; dicho cabezal deberá retornar el agua al tanque de almacenamiento de agua contra incendio; y contar con el número de tomas necesarias para probar el flujo de la bomba con mangueras o medidor tipo venturi.
g) Se contará con un sistema de control de bombas contra incendio.

Es necesario considerar que tanto el cabezal de alimentación como el de prueba y descarga del sistema de bombeo de agua contra incendio deberán ser diseñados para manejar el flujo del 150% nominal de cada una de las bombas tanto principal como de relevo (nominal 2,000 gpm, máximo 3,000 gpm); incluyendo la instrumentación asociada.

Tanques de almacenamiento de agua contra incendio

Los tanques contra incendio de la Terminal de Fluidos De Empalme, se diseñan considerando el escenario con riesgo mayor, que son tanques de almacenamiento de 100,000 Bis. de producto.

La capacidad de almacenamiento de agua para servicio contra incendio debe ser suficiente para combatir ininterrumpidamente el incendio del riesgo mayor de la instalación, de acuerdo a lo siguiente:

a) Instalaciones tipo A, 4 horas mínimo sin considerar el reabastecimiento, siempre y cuando se tenga un sistema que reponga el volumen total de almacenamiento de agua en un tiempo máximo de 8 horas. En caso de no cumplir lo anterior, la capacidad de almacenamiento se debe incrementar a 6 horas.

Por lo que el sistema contra incendio en el Área de la Terminal de Fluidos De Empalme, contará con dos tanques de almacenamiento de agua contra incendio de 20,000 BLS de capacidad para el suministro de agua a la red contra incendio (TV-01A/B). Los tanques de 20,000 BLS para almacenamiento de agua deberán contar con un transmisor de nivel (LT-100A/B) el cual enviará una señal al Sistema de F&G, tendrá la capacidad de detectar los diferentes niveles de agua en los tanques TV-01.

- Nivel Alto-Alto.- Este tendrá como función indicar cuando se ha alcanzado el nivel máximo en los tanques.
- Nivel Alto. Este tendrá como función alarmar cuando se alcance el nivel alto (LAH-101A/101B/102A/102B) en los tanques, en caso de que el suministro de agua sea por una bomba se deberá enviar una señal de paro para detener la bomba.
- Nivel Normal. Este tendrá como función indicar cuando se ha alcanzado el nivel normal de operación del tanque.
- Nivel Bajo. Este tendrá como función alarmar cuando el nivel alcanza el nivel fijado como bajo (LAL-101A/101B/102A/102B), así mismo, deberá poner a operar la bomba o bombas de suministro de agua a los tanques TV-01A/01B//02A/02B.
- Nivel Bajo-Bajo (mínimo). Este tendrá como función alarmar cuando el nivel ha alcanzado el nivel mínimo de operación de tanque. Bajo ninguna circunstancia este bajo-bajo nivel deberá enviar señal de paro a las bombas de agua contra incendio.

Los tanques estarán interconectados por medio del cabezal general de succión de las bombas, la cual funcionará como una línea de vasos comunicantes, permitiendo de esta forma que el nivel de operación de los mismos sea constante y se vacíen simultáneamente.

El tener dos tanques permite garantizar que, en caso de requerir mantenimiento de uno de ellos, el sistema siempre tendrá agua disponible para operar

El diseño de los tanques de almacenamiento de agua contra incendio debe cumplir con los requerimientos establecidos en API 650.

Sistema de inyección de espuma

Sistema de Inyección de Espuma para la extinción de cualquier incendio, desplazando el aire (comburente) por un elemento (espuma) que mitiga la combustión y por ende la flama aunque el combustible se mantiene constante.

La activación de este sistema de extinción de incendios a base de espuma se determinará por el sistema de F&G junto con los detectores de incendios o fuego mencionados anteriormente. Este sistema estará diseñado en base a lo dictado por la NFPA-11/16/30.

En el caso del paquete de Presión Balanceada, se recomienda el siguiente arreglo de bombas:

a) Bomba de Concentrado de Espuma de Principal 1 x 90 gpm a 200 psi; bomba con motor eléctrico)

b) Bomba de Concentrado de Espuma de Respaldo (1 x 90 gpm a 200 psi; bomba accionada por motor de combustión interna (diésel))

Es importante señalar, que el sistema de control y arranque de cada bomba debe ser independiente una de la otra, de tal manera que si alguno de los equipos no entrará en operación no sería impedimento para que el resto de ellos se activen de manera automática.

Cuando se aplique el sistema subsuperficial de espuma el diseño del sistema deberá cumplir con utilizar formadores de espuma de alta contrapresión listados por UL y/o aprobados por FM o equivalentes. El modele seleccionado del formador de espuma, debe cumplir con la contrapresión de diseño especificada y con el gasto de solución espumante requerido. Los puntos de inyección se deben diseñar en forma equidistante y con un distanciamiento conforme al número de descargas establecido en el diseño de ingeniería

VIII.2. MEDIDAS PREVENTIVAS.

Dentro de las medidas preventivas del Proyecto, el regulado contempla lo siguiente:

- **Área de Tanques.**

Los Tanques serán cilíndricos verticales nuevos, de piso plano, fabricados en acero al carbono con techo cónico soportado y membrana interna flotante tipo pontón. La presión interna de los tanques no excederá el peso de las placas del techo. Tendrán anillo de coronamiento en la parte superior del tanque. En caso de ser necesario por requerimientos de diseño el fabricante añadirá anillos de refuerzo intermedios externos para evitar la deformación del Tanque. El proveedor y/o fabricante deberá definir la cantidad y tamaño de los anillos de refuerzo intermedios externos en caso de ser requeridos según inciso 5 .9 API-650. Los tanques serán instalados a nivel del piso.

El diseño, materiales de construcción, la fabricación misma de los tanques, las pruebas e inspección deberán cumplir con todos los requisitos que se indican en esta especificación y hoja de datos.

El cálculo del espesor del tanque será aplicando los criterios de los incisos 5.6.3 y/o 5.6.4 según aplique de acuerdo API-650.

Todos los tanques deberán diseñarse para efectos de sismos de acuerdo con lo indicado en el apéndice "E" del API-650.

Todas las placas del fondo deberán de tener un espesor mínimo nominal de 6.4 mm (1/4") (70 kPa, 10.2 lbf/pulg2) sin considerar la corrosión permisible. Todas las placas rectangulares deberán tener un ancho mínimo de 1828 mm (72") según inciso 5.4 API-650.

Los tanques deberán estar provistos de drenajes y entradas hombre bridados de 600 mm (24 pulg.) de diámetro en techo y pared del cuerpo, las cuales deberán ser colocadas en una posición de fácil acceso. Así mismo deberán tener puertas de acceso para mantenimiento y ventilación en el techo para lo cual se aplicará el inciso 5.8.5 (API-650).

Cada tanque deberá tener un dique de contención donde la capacidad de contención debe de ser como mínimo igual al 110% de la capacidad nominal del tanque mayor, diseñado para contener y resistir la presión lateral que les pueda transmitir a la altura total hidrostática, considerando el líquido almacenado como agua, deben ser construidos de concreto reforzado, en función del tipo de suelo y la zona sísmica del lugar. La altura del muro con respecto al piso de la calle, no debe ser mayor de 1.80 m., ni menor de 1.20 m.

Cuando dos o más tanques que almacenan líquidos de Clase 1 están en un área de contención secundaria y cualquiera de los tanques tiene más de 45 m (150 pies) de diámetro, debe haber una contención secundaria intermedia. La contención secundaria intermedia aislará el tanque de> 45 m de diámetro de todos los demás tanques.

Dentro de los diques de contención no deberá existir equipo eléctrico o materiales incompatibles.

Asimismo, las válvulas de entrada y salida de productos de los tanques de almacenamiento se deben localizar fuera del dique de contención y ningún material combustible, contenedor o tanque portátil (de aire, extintores, etc.) deberá encontrarse en el interior del dique de contención.

Todo tanque de almacenamiento debe tener como mínimo un frente de ataque, es decir, debe estar localizado adecuadamente para permitir el fácil acceso para que en caso de siniestro se faciliten las operaciones de atención de emergencias.

- **Equipos de bombeo.**

Como medida de seguridad todas las bombas que se implementen en la terminal deberán contar con un sistema de recirculación que evita la cavitación de las mismas o problema en el rechazo de carga de las llenaderas. Es decir, las bombas tendrán la capacidad por sí solas de recircular el fluido, cuando la demanda de trasiego del tanque a llenaderas sea cero.

Cada bomba será diseñada para manejo de 1,000, 750 y 400 GPM para cada producto. La cantidad de bomba se definirá con precisión durante la Ingeniería de detalle.

La alimentación eléctrica de los motores eléctricos de las bombas será a 480 VCA, 3F, 3H, 60 Hz.

La operación de las bombas se realizará de modo automático, controlada desde el sistema de control de la terminal. El arranque y paro será automático/manual de acuerdo al producto y a la llenadera seleccionada por sistema o el personal de operación, el paro será automático cuando el Preset alcance el volumen de carga asignada por el Sistema, los auto-tanques además contarán con un switch de nivel de sobrellenado y esta enviará la señal de paro al sistema por un alto nivel. Todas las bombas deberán cumplir con lo indicado en el API-610.

El control y arranque / paro de bombas contarán con variador de frecuencia en los arrancadores donde aplique, selector automático / manual / fuera y las variables eléctricas y el control serán integrados desde el Centro de Control de Motores mediante protocolo digital "Device Net".

El monitoreo de la operación de las bombas será una preocupación importante en esta terminal aprovechando las tecnologías a implementar en esta terminal. Todas las bombas tendrán el monitoreo de

las presiones de descarga con la finalidad de monitorear la operación de estas. Esta medición servirá para poder sincronizar la válvula de recirculación de la bomba, exponiendo menos a estos equipos.

De igual forma se hará el monitoreo de los sellos de las bombas de forma continua, así como la vibración por el desgaste de los rodamientos, y todo estará centralizado al sistema de control, que permitirá dar la visibilidad de la salud de estos equipos importantes.

- **Tuberías.**

El diseño de tuberías se limita al manejo de fluidos definidos en la NOM-006-ASEA-2017 y en el Código ASME 831.3, ASME B31.4 vigentes.

Los cálculos de espesor de pared deben estar basados en ASME 831.3, los esfuerzos permisibles para la clasificación de línea en particular y su temperatura de diseño, así como las tolerancias mínimas del fabricante para los componentes. Todos los espesores de pared deberán ser adecuados para las condiciones de operación en cada caso.

Condiciones de diseño de tuberías.

a) Los criterios de diseño para presión y temperatura deben estar de acuerdo con ASME 831.3
b) Al menos que sea anotado de otra manera, todas las temperaturas y presiones referidas son condiciones de diseño
c) Las bridas usadas en esta especificación deben ser clasificadas de acuerdo con ASME B16.5 o ASME 816.47

Diámetros de tubería y conexiones.

a) No deben usarse componentes de tubería menores de 1/2" de diámetro nominal, a menos que se especifique en la clasificación de línea individual o que sean requeridos para conectar equipos o Instrumentos.
b) No se deben usar componentes de tubería con diámetros nominales de 1- 1/4", 3-1/2", 5" y 7".
c) El diámetro de 2 1/2" solamente se debe utilizar en el Sistema Contra incendio.

Medidas de la tornillería.

a) La longitud del "Cap Screw" (tornillo) debe ser medida desde la superficie inferior de la cabeza hasta el punto extremo, de acuerdo al ASME 816.5.
b) La longitud del "stud-bolt" (espárrago) debe estar basada sobre la longitud efectiva de la rosca, de acuerdo al ASME 816.5.
c) No se acepta ningún "stud-bolt" (espárrago) que no tenga la longitud de acuerdo al ASME 816 .5, en el cual se indica longitud efectiva de la rosca excluyendo las puntas.
d) Siempre la longitud de tornillos y espárragos deberá permitir que la longitud expuesta de rosca luego de acoplamiento de tuerca sea de tres (3) pasos de rosca sin incluir el extremo biselado.

Identificación de Materiales.

a) Todas las válvulas deben ser identificadas en estricto apego al MSS SP-25.
b) Todas las válvulas deben ser suministradas con una etiqueta de metal colocada en la tornillería del prense, estampando el número de código. No se permite etiqueta adherible.
c) Cuando algún componente de tubería requiera una etiqueta de metal (especificada en la descripción de compra) deberán ser suministradas con una etiqueta metálica estampada con el número de código.
d) Donde las válvulas requieran candados, el constructor debe proporcionar una etiqueta de acuerdo a su procedimiento de compra de material. Las válvulas que requieran mantenerse abiertas con candado deben ser estampadas "lock open" y las etiquetas pintadas de color verde. Las válvulas que requieran mantenerse cerradas con candado deben ser estampadas "lock closed" y sus etiquetas pintadas de color rojo.
e) Los tramos de tubería deben ser identificados en campo con el número de código "Item Code" aplicable (ICN) de acuerdo a lo siguiente:

Corrosión permisible.

a) La corrosión permisible diferente de la mostrada en la clasificación de líneas debe ser indicada en los diagramas de tubería e instrumentación.

Válvulas.

a) Esta especificación prohíbe utilizar válvulas de hierro gris o dúctil, la calidad mínima permitida es ASTM A216 Gr. WCB y/o ASTM A105.
b) Las válvulas de globo y de compuerta operadas con engranes que requieren un operador o una orientación especial deberán ser identificadas en los (DTI's).
c) Las válvulas de retención tipo disco splits (charnela o columpio) deben ser instaladas sobre líneas horizontales. Todas las demás válvulas de retención asistidas con resorte pueden ser instaladas sobre líneas horizontales o verticales con el flujo ascendente.
d) Las válvulas de retención para bombas, deben ser especificadas de acuerdo a las condiciones de operación.
e) Las válvulas con conexiones bridadas pueden ser instaladas en lugar de válvulas con extremos de caja para soldar o roscados, en diámetros de 1 1/2" y menores sólo para conectar directamente a recipientes o algún otro equipo suministrado con conexiones bridadas. Las clasificaciones y caras de las bridas de las válvulas deberán ser de igual clasificación que las del equipo.
f) Las válvulas 1 1/2" y menores deben ser de cuerpo soldado o de cuerpo sólido
g) (no se aceptan válvulas con cuerpo de tres piezas).

Tubería.

a) La tubería deberá cumplir con los requerimientos de esta especificación, de API 5L, ASME 831.3, ASME B36.10M y ASME B36.19M , por lo tanto cualquier material no referenciado en estás especificaciones deberá ser rechazado.

Accesorios.

a) Los accesorios deberán cumplir los requerimientos de la ASME 816.9 y ASME 816.11 con los requerimientos de esta especificación.
b) El uso de accesorios mitrados y conexiones hechizas no está permitido.

Bridas.

a) Las bridas deberán estar de acuerdo a los requerimientos indicados en esta especificación, y conforme lo establecido en el ASME 816.5 y ASME 816.47.
b) Las bridas porta-placa de orificio deben ser especificadas con calibre igual al diámetro interno de la tubería y conforme lo establecido en el ASME B16.36. No se permite reducir el espesor (contra biselar el espesor de pared).
c) Las bridas con cara plana (FF) no son aceptables, salvo para sistemas de tubería clase 125# y para transición con bridas plásticas o cuando ellos sean especificados.

Empaquetadura de las bridas.

a) No se permite el uso de empaques no metálicos.
b) Los empaques metálicos indicados en las clases particulares de materiales de tuberías en esta especificación, deben cumplir los requerimientos del ASME 816.20.
c) El fabricante debe aplicar el código de colores para empaquetaduras para identificar el material del espiral y el relleno, cumpliendo los requerimientos del ASME 816.20.
d) Las empaquetadoras deberán tener anillos centradores exterior y anillo interior (tipo CGI Flexitallic®) con recubrimiento para la corrosión atmosférica.

Reducciones.

a) Usar reducciones con extremos biselados para soldar, en cumplimiento con el ASME 816.9.
b) Usar "swages" para reducir tubería construida con extremos planos y/o biselado, conforme el MSS SP-95.
c) Relevado de esfuerzos y Tratamiento Térmico Post Soldadura (PWHT) y Radiografiado (NDE)
d) Los requerimientos del Tratamiento térmico post soldadura y el radiografiado, para las soldaduras en tubería deberán cumplir los requerimientos de ASME 831.3.

Recubrimiento Anticorrosivo.

En seguimiento con lo indicado en la NOM de referencia, se tomarán en cuenta los factores ambientales, y las condiciones de operación relativa a los productos que se manejarán, de tal manera que se conserve en todo momento la calidad y se abstenga de contaminar el medio ambiente más aun teniendo presente que parte del proyecto se ubica en zona marítima.

Soportería.

La soportería para las tuberías de proceso se apegará a los siguientes estándares:

a) ASME 831.3 Process Piping Guide
b) ASTM ASTM A36 I A36M - 19 Standard Specification for Carbon Structural Steel

- **Descarga por buque-tanques.**

Para la transferencia de combustibles entre PLEM, la monoboya y el buque-tanque, está previsto un sistema anti-rotura.

Acoplamiento Anti-Rotura MCB (Marine Breakaway Coupling).

Los acoplamientos anti rotura para la industria naval de Gall Thomson permiten la transferencia segura de líquidos y gases peligrosos y no peligrosos y reducen drásticamente el riesgo de derrames.

Los acoplamientos MCB de Gall Thomson proporcionan un punto de separación seguro identificado en los sistemas navales de transferencia por manguera, cierran automáticamente el flujo del producto y evitan daños en el sistema en caso de que se produzca un aumento repentino de presión extrema o una carga de tracción excesiva sobre el sistema de mangueras. Un acoplamiento anti rotura para la industria naval de Gall Thomson reduce dichos riesgos y demuestra que el operador de la Terminal ha utilizado soluciones de ingeniería probadas para mejorar la seguridad y evitar la contaminación.

Por lo anterior, en la Terminal de Fluidos de De Empalme, se incluirá en el diseño, una manguera flotante de 220 m de longitud con 12" de diámetro la cual se formara mediante diversos segmentos de manguera de 40 pies (12.192 m). En el caso de un accidente la manguera se tensará y automáticamente se cierra el acoplamiento anti-rotura aislando a la sección que presenta el evento y minimizando enormemente la magnitud del derrame.

VIII.3. Recomendaciones Técnico Operativas.

Tabla VIII.1. Recomendaciones de la Identificación de Peligros y Escenarios de Riesgos.

No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
R1	Monitorear de manera permanente el funcionamiento de las bombas cuando éstas se encuentren activadas.	Nodo 1	Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.	Escenario 10 y 11	Derrame de combustible en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y monoboya.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R2	Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.		Elemento VI. - Competencia del personal, capacitación y entrenamiento. Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R3	Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema.		Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R4	Monitorear condiciones climatológicas.		Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R5	Considerar el paro de operaciones de descarga durante condiciones climatológicas adversas.		Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R6	Considerar la instalación de un Transmisor Indicador de Presión (PIT) en el cabezal del patín de medición de gasolinas con enlace directo a las válvulas ESD instaladas en cabezal de descarga de buque tanques.	Nodo 2 y 3	Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. La recomendación deriva de las desviaciones (escenarios) 2.04 y 3.04 del HAZOP	OMANOR, S.A. DE C.V.	C

No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
R7	Considerar la colocación de un elemento filtrante en el patín de medición (PM-03), similar al de los patines PM-01 y PM-02.	Nodo 4	Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. La recomendación deriva de la desviación (escenarios) 4.03 del HAZOP.	OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R8	Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal.	Nodo 5, 6 y 7	Elemento VI. - Competencia del personal, capacitación y entrenamiento. Elemento XIII.- Preparación y respuesta a emergencias.	Escenarios 1, 2, 3 y 4	Derrame de combustibles en área de tanques, originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R9	Instalar un sistema que evite el movimiento del Carro-tanque una vez posicionado en las áreas de Recepción y Entrega.	Nodo 8 y 9	Elemento X.- Control de actividades y procesos.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. Las recomendaciones derivan de las desviaciones (escenarios) 8.01 y 9.01 del HAZOP.	OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R10	Supervisar las actividades de descarga de combustibles.		Elemento X.- Control de actividades y procesos.			OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R11	Verificar que el diseño de la Terminal contemple el aislamiento térmico en el sistema de tuberías.	Nodo 10 11, 12 y 13	Elemento IX.- Mejores prácticas y Estándares. Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.	Escenarios 5, 6 y 7	Fuga de combustible en bomba, debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B

No.	Recomendación	Id. Del nodo	Elemento del SASISOPA asociado a recomendaciones	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
R12	Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.	Nodo 14 y 15	Elemento XI.- Integridad Mecánica y aseguramiento de la Calidad.	Escenarios 8 y 9	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del carro-tanque.	OMANOR, S.A. DE C.V.	

Así mismo, se adicionan las siguientes recomendaciones generales que el promovente deberá tomar en cuenta para la gestión de riesgos:

- R13.- Asegurar la aplicación de los procedimientos operativos conforme a los manuales, códigos de diseño y asegurarse que se encuentre establecido dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA).
- R14. Homologar los identificadores de equipos (TAG´s) y condiciones de operación, entre los siguientes documentos: Planos del Proyecto, Diagramas de Flujo de Procesos (DFP), Balance de Materia, Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI´s) y la Memoria Técnico Descriptiva (DTI´s) del Proyecto.
- R15.- El Análisis de Riesgos deberá evaluarse cada 5 años, previo al inicio, previo a un desmantelamiento o cuando ocurran accidentes.
- R16.- El Análisis de Riesgos se deberá actualizar en caso de modificaciones que impliquen cambios en los equipos, instalaciones o procesos originalmente aprobados en la Asignación, Contrato o Permiso otorgado o cualquier otra modificación que afecte el resultado del Análisis de Riesgo en cualquiera de las Etapas de Desarrollo del Proyecto.

Tabla VIII.2. Programa para la implementación de las Recomendaciones.

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
		No.	Descripción		
R1	Monitorear de manera permanente el funcionamiento de las bombas cuando éstas se encuentren activadas.	Escenario 10 y 11	Derrame de combustible en el lecho marino por rotura de la manguera flotante en la conexión del Buque-tanque y	OMANOR, S.A. DE C.V.	B

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
		No.	Descripción		
R2	Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.		monoboya.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R3	Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R4	Monitorear condiciones climatológicas.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R5	Considerar el paro de operaciones de descarga durante condiciones climatológicas adversas.			OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R6	Considerar la instalación de un Transmisor Indicador de Presión (PIT) en el cabezal del patín de medición de gasolinas con enlace directo a las válvulas ESD instaladas en cabezal de descarga de buque tanques.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. La recomendación deriva de las desviaciones (escenarios) 2.04 y 3.04 del HAZOP.	OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R7	Considerar la colocación de un elemento filtrante en el patín de medición (PM-03), similar al de los patines PM-01 y PM-02.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. La recomendación deriva de la desviación (escenarios) 4.03 del HAZOP.	OMANOR, S.A. DE C.V.	C

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
		No.	Descripción		
R8	Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal.	Escenarios 1, 2, 3 y 4	Derrame de combustibles en área de tanques, originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R9	Instalar un sistema que evite el movimiento del Carro-tanque una vez posicionado en las áreas de Recepción y Entrega.	N/A	No se consideró escenario de riesgo para análisis de consecuencias. Las recomendaciones derivan de las desviaciones (escenarios) 8.01 y 9.01 del HAZOP.	OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R10	Supervisar las actividades de descarga de combustibles.			OMANOR, S.A. DE C.V.	C
R11	Verificar que el diseño de la Terminal contemple el aislamiento térmico en el sistema de tuberías.	Escenarios 5, 6 y 7	Fuga de combustible en bomba, debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R12	Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.	Escenarios 8 y 9	Derrame de gasolina en el área de carga debido al sobrellenado del carro-tanque.	OMANOR, S.A. DE C.V.	B
R13	Asegurar la aplicación de los procedimientos operativos conforme a los manuales, códigos de diseño y asegurarse que se encuentre establecido dentro de su Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente (SASISOPA).			OMANOR, S.A. DE C.V.	N/A

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
		No.	Descripción		
R14	Homologar los identificadores de equipos (TAG´s) y condiciones de operación, entre los siguientes documentos: Planos del Proyecto, Diagramas de Flujo de Procesos (DFP), Balance de Materia, Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI´s) y la Memoria Técnico Descriptiva (DTI´s) del Proyecto.			OMANOR, S.A. DE C.V.	N/A
R15	El Análisis de Riesgos deberá evaluarse cada 5 años, previo al inicio, previo a un desmantelamiento o cuando ocurran accidentes.			OMANOR, S.A. DE C.V.	N/A
R16	El Análisis de Riesgos se deberá actualizar en caso de modificaciones que impliquen cambios en los equipos, instalaciones o procesos originalmente aprobados en la Asignación, Contrato o Permiso otorgado o cualquier otra modificación que afecte el resultado del Análisis de Riesgo en cualquiera de las Etapas de Desarrollo del Proyecto.			OMANOR, S.A. DE C.V.	N/A

Índice

IX. CONCLUSIONES. 2

IX. CONCLUSIONES.

La presente actualización de Análisis de Riesgo realizado a la "Terminal de Fluidos De Empalme", se apega a lo requerido en la "Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)" emitida por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA).

El ARSH llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Terminal, es la ocurrencia de incendio y explosión por fuga o derrame de combustibles, lo anterior derivado de fallas de instrumentación o equipo, desvío en los procedimientos de operación y/o mantenimiento, así como a las condiciones de operación, por lo que las medidas de prevención y control que se instauraron en cada punto de la instalación para reducir los riesgos existentes, juegan un papel muy importante durante la operación de la Terminal.

El riesgo existente en la actividad realizada (Almacenamiento y Distribución de Petrolíferos) es evidente, mismo que es controlable y puede ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de las instalaciones de la Terminal. Aunado a lo anterior, los aspectos constructivos que aseguren al sistema una integridad funcional alta y aceptable, la correcta aplicación de los procedimientos y/o programas de operación y mantenimiento que la promovente tiene establecidos para la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería en la operación de la Terminal, permitirá que se pueda realizar una mejora continua, además, estas ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pudiera presentar.

Con la aplicación de la metodología HAZOP se identificaron y evaluaron los escenarios (desviaciones) de riesgo con diferente grado de importancia, los cuales pueden causar daños al personal, impacto ambiental y daños a la instalación. Los resultados se distribuyen de la siguiente manera:

Hazop:

- 15 escenarios (13%) de nivel Bajo catalogado como Riesgo aceptable sin revisión.
- 91 escenarios (77 %) de nivel Medio que se catalogan como Riesgo aceptable con revisión.
- 12 escenarios (10 %) de nivel Serio que se catalogan como Riesgo indeseable.

Así mismo, se aplicó un análisis cuantitativo (Árbol de Fallas), con el fin de obtener de manera cuantitativa, la probabilidad de ocurrencia de las fallas o desviaciones con nivel de riesgo serio, identificadas en la metodología cualitativa. Posteriormente, los resultados de estas metodologías sirvieron de base para determinar los posibles escenarios de riesgo en la instalación y efectuar el análisis de consecuencias.

Las simulaciones consideradas en el ARSH, dan como resultado que pueden presentarse eventos por fugas o derrames que derivan en un incendio y/o explosión del combustible, mismas que tendrían afectaciones de alto riesgo a las instalaciones propias de la Terminal, mismas que se encuentran dentro de las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) resultantes de los eventos simulados. El escenario, E2-N06-PC-TFE (CHAF), obtuvo los mayores radios de afectación y peores consecuencias para las instalaciones, donde el alcance de las ZAR a equipos fue de 191.42 y 282.38 m de distancia para la ZAR, mismos radios que abarcan por completo las instalaciones terrestres de la Terminal, a excepción del cuarto de control.

Referente a las simulaciones restantes (E1 y E3 a E4), aunque no tienen alcances de afectación como el escenario mencionado, presentan afectaciones relevantes sobre la infraestructura que compone la Terminal, por lo que las consecuencias son graves de acuerdo a la evaluación de consecuencias.

En lo que respecta a las simulaciones de los escenarios identificados como Efecto Dominó (E12-ED-EV2-TFE (CHAF) y E13-ED-EV3-TFE (CHAF)), también conocido como encadenamiento de eventos, estos se asociaron a un evento de incendio (E2-N06-PC-TFE (CHAF)) ocurrido en tanque de gasolina TV-003 de la Instalación, el cual multiplicó las consecuencias por el efecto de la radiación térmica emitida y generada sobre los elementos próximos y vulnerables (como lo fueron los tanques de diésel TV-001 y TV-002 y tanques de Gasolina Premium y Magna TV- 004 / 005 / 006 / 011), ya que al ocurrir un nuevo derrame que resultó en un incendio (Pool fire), este a su vez, provocó efectos similares sobre los demás tanques de combustibles (Gasolina Magna y Premium), agravando las consecuencias y haciéndolas catastróficas por el combustible derramado, donde los posibles radios de afectación para las Zonas de Alto Riesgo (ZAR) de los eventos, tuvieron un alcance de afectación de 110,426 m^2 sobre gran parte de las Terminal; este valor corresponde al Escenario E12-ED-EV2-TFE (CHAF) y posteriormente, estos radios desencadenan una fectación de 6,342 m^2 sobre la zona de carga a carro-tanques y de 42,008.4 m^2 en el area del Tanque TV-013. Los eventos de Efecto Dominó, no presentarían daños a instalaciones externas a la Terminal. El impacto de estos eventos de efecto dominó, dependerán en gran medida del diseño y la naturaleza de la instalación, así como de la presencia de las salvaguardas o sistemas de seguridad adecuados, evitando los efectos catastróficos planteados.

De lo anterior, es importante mencionar que de acuerdo con la ponderación empleada en el análisis cualitativo (de acuerdo a la Matriz de Riesgos) y en el análisis cuantitativo (Árbol de fallas), los escenarios más catastróficos (Peor caso - PC), tienen una probabilidad muy baja de ocurrencia y los escenarios menos catastróficos (Caso Más Probable - CMP), representan una probabilidad de ocurrencia media.

Es importante señalar, que para las simulaciones se consideraron las máximas condiciones de operación y los peores escenarios y circunstancias atmosféricas, por lo que dichos resultados representarán las consecuencias y afectaciones más catastróficas que pudieran ocurrir en la Terminal

Para realizar el análisis de consecuencias, se asumieron los criterios bajo consenso del equipo de análisis de riesgo, así como los criterios propuestos en la "Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)".

Una vez revisados los valores / índices de frecuencia y gravedad del Análisis cualitativo y considerando los resultados de Análisis Detallado de Frecuencias y Análisis de Consecuencias, resulta que el escenario E2-N06-PC-TFE representa el Peor Caso (caso más catastrófico) que pudiera ocurrir en la Terminal, mismo que puede desencadenar eventos de efecto dominó, tal y como ya se mencionó anteriormente, y los eventos de Jet fire (CHOF) de los escenarios E5-N10-CMP-TFE, E6-N11-CMP-TFE, E7-N12-CMP-TFE, corresponden al Caso Más Probable (escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia).

Tipo de caso	Clave de escenario	Descripción del Escenario
Peor Caso (PC)	E2-N06-PC-TFE.	Derrame de 79,488 litros (79.488 m^3) de Gasolina por el llenado excesivo del Tanque (TV-003/004/005/006), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.
Caso Más Probable (CMP)	E5-N10-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-501 / P-502), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques.

Tipo de caso	Clave de escenario	Descripción del Escenario
	E6-N11-CMP-TFE.	Fuga de Diésel (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-503), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques
	E7-N12-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-506), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Carro-tanques

Cabe recalcar, que las medidas de seguridad tanto de diseño, como de operación y los planes, programas y/o procedimientos con que cuenta o contará la instalación, harán que dichos escenarios sean muy poco probables y que sus posibles consecuencias se reduzcan considerablemente.

ÍNDICE

X. RESUMEN EJECUTIVO. 2

X.1. RESUMEN DEL PROYECTO. 2

X.2. INFORME TÉCNICO. 6

X. RESUMEN EJECUTIVO.

X.1. RESUMEN DEL PROYECTO.

El presente Estudio corresponde a la Actualización del Análisis de Riesgos para el Sector Hidrocarburos, mismo que se realiza para la etapa de Diseño de Ingeniería Básica de la "Terminal de Fluidos De Empalme", propiedad de OMANOR, S.A. DE C.V. La Terminal está conformada por infraestructura para la recepción de combustibles por buque-tanque y carro-tanque, un sistema de almacenamiento y un sistema de entrega por ferrocarril (carro-tanques) y auto-tanques. La Terminal de Fluidos el Empalme, permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos.

La terminal de fluidos tendrá la capacidad de recibir y almacenar en Tanques; 5 para Gasolina Magna con capacidades de operación de 100,000 barriles (bbl) c/u, 3 Tanques para Diésel con capacidad de 100,000 bbl, 2 tanques de Gasolina Premium de igual capacidad (100,000 bbl), 2 Tanques de 25,000 bbl; uno para Etanol y otro para Turbosina, y 1 de Transmix con capacidad de 5,000 bbl; así mismo, con la siguiente capacidad máxima de almacenamiento: para Gasolina Magna, Premium y Diésel de 114,000 bbl c/u, para Etanol y/o turbosina de 30 bbl y para Transmix de 6,000 bbl. Posteriormente el producto se envía a las Estaciones de Carga para Auto-tanques y ferrocarril, para su distribución y venta.

El Proyecto permitirá atender satisfactoriamente la demanda actual y proyectada de combustibles líquidos destinada a su zona de influencia en el Estado de Sonora y puntos vecinos. Misma que tendrá la capacidad de manejar los siguientes hidrocarburos:

- Gasolina Regular (Magna)
- Gasolina Premium
- Diésel
- Turbosina
- Etanol

En la **Tabla X.1** se presentan las coordenadas de los vértices que comprenden el polígono donde se instalaron los equipos principales y auxiliares del proyecto "Terminal de Fluidos De Empalme".

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

Para el presente Análisis de Riesgos se emplearon las siguientes metodologías y herramientas:

- HAZOP, para determinar las desviaciones (escenarios) de mayor riesgo en las instalaciones, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial de daño a la infraestructura y al medio ambiente.
- Matriz de Riesgos, para realizar la Jerarquización de los riesgos determinados en el análisis cualitativo.
- Árbol de fallas, para la estimación de la frecuencia cuantitativa de los escenarios ubicados en zonas de riesgo “ALARP” o “No Tolerable” del análisis cualitativo de riesgos.
- Software PHAST versión 6.7, para realizar los análisis de consecuencias de los escenarios de simulación propuestos.

Respecto a los resultados de las hojas de trabajo para los 15 nodos analizados mediante la metodología HAZOP, se encontraron un total de 118 desviaciones (escenarios) para posibles causas que originan la desviación, así mismo, entre estas se identificaron 15 escenarios (13%) de nivel Bajo catalogado como Riesgo aceptable sin revisión, 91 escenarios (77 %) de nivel Medio que se catalogan como Riesgo aceptable con revisión y 12 escenarios (10 %) de nivel Serio que se catalogan como Riesgo indeseable.

Una vez revisados los valores / índices de frecuencia y gravedad del Análisis cualitativo y considerando los resultados de Análisis Detallado de Frecuencias y Análisis de Consecuencias, resulta que el escenario E2-N06-PC-TFE representa el Peor Caso (caso más catastrófico) que pudiera ocurrir en la Terminal y los eventos de Jet fire (CHOF) de los escenarios E5-N10-CMP-TFE, E6-N11-CMP-TFE, E7-N12-CMP-TFE, corresponden al Caso Más Probable (escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia).

Tipo de caso	Clave del escenario	Descripción del Escenario
Peor Caso (PC)	E2-N06-PC-TFE.	Derrame de 79,488 litros (79.488 m^3) de Gasolina por el llenado excesivo del Tanque (TV-003/004/005/006), originado por error en la señal para cierre de válvula de alimentación.
Caso Más Probable (CMP)	E5-N10-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-501 / P-502), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques.
	E6-N11-CMP-TFE.	Fuga de Diésel (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-503), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Auto-tanques
	E7-N12-CMP-TFE.	Fuga de gasolina (orificio equivalente al 0.5"Ø) en la bomba (P-506), debido a fallo en los sellos mecánicos del equipo. Área de Carro-tanques

De lo anterior, es importante que la promovente implemente y considere las recomendaciones derivadas del análisis HAZOP, donde las más significativas para el estudio y las cuales resultaron de las desviaciones que dieron origen a los Escenarios de Riesgo seleccionados para simulación, son los siguientes:

R1.- Monitorear de manera permanente el funcionamiento de las bombas cuando éstas se encuentren activadas.

R2.- Asegurarse que el personal de seguridad, encargado del sistema, se encuentre capacitado y sea capaz de atender cualquier anomalía en el proceso.

R3.- Asegurar la aplicación del programa de Mantenimiento preventivo a los sistemas y/o componentes del sistema

R4.- Monitorear condiciones climatológicas

R8.- Eliminar cualquier posible fuente de ignición en las áreas de proceso de la Terminal.

R12.- Incluir en el programa de Mantenimiento preventivo, los accesorios e instrumentación de los sistemas y equipos contra incendio.

El presente Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH) realizado a La Terminal de Fluidos de De Empalme, se apega a lo requerido en la "Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH)".

El ARSH llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Terminal, es la ocurrencia de incendio y explosión por fuga o derrame de combustibles, lo anterior derivado de fallas de instrumentación o equipo, desvío en los procedimientos de operación y/o mantenimiento, así como a las condiciones de operación, por lo que las medidas de prevención y control que se instauraron en cada punto de la instalación para reducir los riesgos existentes, juegan un papel muy importante durante la operación de la Terminal.

El riesgo existente en la actividad realizada (Almacenamiento y Distribución de Petrolíferos) es evidente, mismo que es controlable y puede ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de las instalaciones de la Terminal. Aunado a lo anterior, los aspectos constructivos que aseguren al sistema una integridad funcional alta y aceptable, la correcta aplicación de los procedimientos y/o programas de operación y mantenimiento que la promovente tiene establecidos para la aplicación de las buenas prácticas de ingeniería en la operación de la Terminal,

permitirá que se pueda realizar una mejora continua, además, estas ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pudiera presentar.

La promovente tendrá que contar con la verificación de la integridad mecánica y de operación de la instalación con apego a la normativa, por una UV acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía y la EMA, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de la instalación.

En base a lo anterior, se concluye que existe la factibilidad técnica para el diseño, construcción y operación de la instalación.

X.2. Informe Técnico.

Datos Generales del Regulado

Fecha de Ingreso:		
DATOS DE LA EMPRESA CONTRATADA POR EL REGULADO PARA ELABORAR EL ANÁLISIS DE RIESGO*		
Nombre de la Empresa: QV GESTIÓN AMBIENTAL, S.C.		
Nombre de la persona responsable: Ing. Grethel Leticia Villicaña Yépez		**Cargo:** Directora General de Operaciones
DATOS GENERALES DEL REGULADO		
CURR: No Aplica	**R.F.C.:** OMA1510127N6	
Nombre, razón o denominación social: OMANOR, S.A. DE C.V.		
Nombre del Proyecto: "Terminal de Fluidos De Empalme".		
Objeto de la Instalación o Proyecto: Actualización del análisis de riego del sector de hidrocarburos para la Terminal de Fluidos De Empalme.		
UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES		
Calle y Número: S/N		**Colonia/Localidad:** Puerto de Guaymas
Municipio/Delegación: Empalme		**Estado:** Sonora
Código Postal:		
DOMICILIO PARA OIR O RECIBIR NOTIFICACIONES		
Calle y Número: Calle Galileo No. 208		**Colonia/Localidad:** Polanco IV Sección,
Municipio/Delegación: Alcaldía Miguel Hidalgo		**Estado:** Cuidad de México
Código Postal: 11550		
Teléfonos: 01(722) 55-45-72-00	**Fax:** N/D	**Correo electrónico:** chernandez@valegal.com.mx y ggarza@valegal.com.mx
Nombre del Representante del Regulado: C. Ana Cecilia Gutiérrez Valenzuela		
Cargo: Apoderado Legal		

ACTIVIDAD DEL SECTOR HIDROCARBUROS (artículo 3o., fracción XI de la Ley de la ASEA)											
a	Reconocimiento, exploración superficial, exploración y extracción de Hidrocarburos	b	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo	c	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como transporte, almacenamiento y distribución y expendio de gas natural	d	Transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo	e	Transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos	f	Transporte por ducto y almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos, producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo

USO DE SUELO DONDE SE ENCUENTRA LA EMPRESA					
Agrícola	N/A	**Rural**	N/A	**Habitacional**	N/A
Comercial	N/A	**Mixto**	**X**	**Industrial**	**X**

EL PROYECTO Y/O INSTALACIÓN SE ENCUENTRA UBICADA EN UNA ZONA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS					
Zona industrial	**X**	**Zona habitacional**	N/A	**Zona suburbana**	N/A
Parque industrial		**Zona urbana**	N/A	**Zona rural**	N/A

[redacted]
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCION I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCION I DE LA LFTAIP

SUPERFICIE		
Requerida:	123, 600	m^2
Total:	N/D	m^2

N/A= No aplica.

N/D= No disponible.

Sustancias manejadas

No.	Clave del escenario	Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Capacidad de la unidad mayor*
				C	R	E	T	I	
1	E1-N05-PC-TFE	Diésel	68476-34-6					X	45,677.52 Ton
2	E6-N11-CMP-TFE								
3	E10-N01-PC-TFE								
4	E2-N06-PC-TFE	Gasolina Magna y/ o Premium	8006-61-9					X	61, 628 Ton
5	E5-N010-CMP-TFE								
6	E7-N12-CMP-TFE								
7	E8-N14-CMP-TFE								24, 651.36 Ton
8	E9-N15-CMP-TFE								
9	E11-N01-PC-TFE								
10	E3-N07-PC-TFE	Etanol	64-17-5					X	3.78 Ton
11	E4-N07-PC-TFE	Turbosina	8008-20-6					X	3.78 Ton

*NOTA: La capacidad de la unidad mayor corresponde a la capacidad de los tanques.

Identificación y clasificación de riesgos

No.	Clave del escenario	Accidente Hipotético				Ubicación					Metodología empleada para la identificación de peligros y evaluación de riesgos	Componente ambiental afectado
						Etapa de Operación				Unidad o equipo de proceso		
		Fuga	Derrame	Radiación térmica	Sobrepresión	Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios			
1	E1-N05-PC-TFE	N/A	✓	✓	N/A	✓	✓	N/A	N/A	Tanque de Diésel 001	HAZOP	Aire
2	E2-N06-PC-TFE.	N/A	✓	✓	N/A	✓	✓	N/A	N/A	Tanque de gasolina 003	HAZOP	Aire
3	E3-N07-PC-TFE.	N/A	✓	✓	N/A	✓	✓	N/A	N/A	Tanque de Etanol 007	HAZOP	Aire
4	E4-N07-PC-TFE.	N/A	✓	✓	N/A	✓	✓	N/A	N/A	Tanque de Turbosina 008	HAZOP	Aire
5	E5-N10-CMP-TFE.	✓	✓	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Bomba 501 en el área de Auto tanques	HAZOP	Aire y suelo
6	E6-N11-CMP-TFE.	✓	✓	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Bomba 503 en el área de Auto tanques	HAZOP	Aire y suelo
7	E7-N12-CMP-TFE.	✓	✓	✓	✓	N/A	✓	N/A	N/A	Bomba 506 en el área de Carro tanques	HAZOP	Aire y suelo
8	E8-N14-CMP-TFE.	N/A	✓	✓	✓	N/A	✓	N/A	✓	Llenadera de auto-tanques	HAZOP	Aire y suelo
9	E9-N15-CMP-TFE.	N/A	✓	✓	✓	N/A	✓	N/A	✓	bahías de carro-tanques	HAZOP	Aire y suelo
10	E10-N01-PC-TFE.	N/A	✓	✓	N/A	N/A	✓	N/A	N/A	Conexión entre Buque tanque y monoboya	HAZOP	Área marina
11	E11-N01-PC-TFE.	N/A	✓	✓	N/A	N/A	✓	N/A	N/A	Conexión entre Buque	HAZOP	Área marina

No.	Clave del escenario	Accidente Hipotético				Ubicación					Metodología empleada para la identificación de peligros y evaluación de riesgos	Componente ambiental afectado
						Etapa de Operación						
		Fuga	Derrame	Radiación térmica	Sobrepresión	Almacenamiento	Proceso	Transporte	Servicios	Unidad o equipo de proceso		
										tanque y monoboya		

N/A= No aplica.

Criterios para la estimación de consecuencias

No.	Clave del escenario	Tipo de caso simulado	Tipo de liberación		Inventario total liberado (m^3/s, m^3 o kg)		Estado físico	Programa de simulación empleado	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad	Tiempo de fuga (s)
			Masiva	Continua	Cantidad	Unidad						
1	E1-N05-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	33762	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	120
2	E2-N06-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	54051.84	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	120
3	E3-N07-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	23893.4	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	120
4	E4-N07-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	25437.8	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	120
5	E5-N10-CMP-TFE.	Caso más probable	N/A	✓	133.53	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	60
6	E6-N11-CMP-TFE.	Caso más probable	N/A	✓	136.43	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	60
7	E7-N12-CMP-TFE.	Caso más probable	N/A	✓	133.53	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	60

No.	Clave del escenario	Tipo de caso simulado	Tipo de liberación		Inventario total liberado (m^3/s, m^3 o kg)		Estado físico	Programa de simulación empleado	Velocidad del viento (m/s)	Estabilidad atmosférica	Humedad	Tiempo de fuga (s)
			Masiva	Continua	Cantidad	Unidad						
8	E8-N14-CMP-TFE.	Caso más probable	N/A	✓	6620.34	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	60
9	E9-N15-CMP-TFE.	Caso más probable	N/A	✓	3723.936	Kg	Liquido	PHAST 6.7	8.34	1.5 / F	71.2%	60
10	E10-N01-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	1.0049	m^3/s	Liquido	*Cálculo de Tasa de Emisión ($\dot{m}$)	2.72	N/A	71.2%	15
11	E11-N01-PC-TFE.	Peor Caso	N/A	✓	1.0049	m^3/s	Liquido	*Cálculo de Tasa de Emisión ($\dot{m}$)	2.72	N/A	71.2%	15

N/A= No aplica.

N/D = No disponible.
CHOF: Chorro de fuego o Jet fire, y UVCE: Explosión por nube de vapor no confinada.
* Cálculo:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\left(\frac{\gamma+1}{\gamma-1}\right)}}$$

$\dot{m} =$	Tasa de emisión de Fuga (kg/s)
$A_h =$	Diámetro de la fuga (m)
$\gamma =$	Razón de calores específicos (adimensional)
$P_0 =$	Presión del combustible en punto de fuga (Pa)
$\rho =$	Densidad del combustible (kg/m^3) (Diésel)

Resultados de la estimación de consecuencias

No.	Clave del escenario	Dispersión tóxica			Radiación térmica			Sobrepresión		
		IDHL	TLV8h	TLV15 min	1.4 kW/m^2	5 kW/m^2	12.5 - 37.5 kW/m^2	0.5 psi	1.0 psi	3 - 10 psi
1	E1-N05-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 200.21	CHOF: 102.36	N/D	N/D	N/D	N/D
2	E2-N06-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 487.41	CHOF: 282.38	CHOF: 191.42 – 113.86	N/D	N/D	N/D
3	E3-N07-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 168.32	CHOF 100.16	CHOF: 68.83 – 36.41	N/D	N/D	N/D
4	E4-N07-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 125.18	CHOF: 60.97	CHOF: 34.85 – N/D	N/D	N/D	N/D
5	E5-N10-CMP-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 206.85 CHAF: 55.46	CHOF: 123.67 CHAF: 39.59	CHOF: 86.84 – 53.57 CHAF: 32.65 – 27.07	UVCE: 102.39	UVCE: 85.80	UVCE: 72.58 – 66.16
6	E6-N11-CMP-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 31.30 CHAF: 101.77	CHOF: 22.13 CHAF: 56.86	CHOF: 18.13 – 14.91 CHAF: 32.61 – N / R	UVCE: 23.34	UVCE: 18.129	UVCE: 13.96 – 11.93
7	E7-N12-CMP-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 206.85 CHAF: 55.46	CHOF: 123.67 CHAF: 39.59	CHOF: 86.84 – 53.57 CHAF: 32.65 – 27.07	UVCE: 102.39	UVCE: 85.80	UVCE: 72.58 – 66.16
8	E8-N14-CMP-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 153.28 CHAF: 148.36	CHOF: 95.73 CHAF: 104.73	CHOF: 85.63 – 70.40 CHAF: 85.63 – 70.40	UVCE: 105.18	UVCE: 87.51	UVCE: 77.80 – 73.82
9	E9-N15-CMP-TFE.	N/A	N/A	N/A	CHOF: 150.58 CHAF: 125.72	CHOF: 93.38 CHAF: 88.92	CHOF: 68.00 – 44.28	UVCE: 107.44	UVCE: 92.79	UVCE: 81.11 – 75.44

No.	Clave del escenario	Dispersión tóxica			Radiación térmica			Sobrepresión		
		IDHL	TLV8h	TLV15 min	1.4 kW/m^2	5 kW/m^2	12.5 - 37.5 kW/m^2	0.5 psi	1.0 psi	3 - 10 psi
							CHAF: 72.82 – 59.94			
10	E10-N01-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
11	E11-N01-PC-TFE.	N/A	N/A	N/A	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D

N/A= No aplica.
N/D= No disponible.
CHOF: Chorro de fuego o Jet fire, CHAF: Charco de fuego o Pool fire, y UVCE: Explosión por nube de vapor no confinada. NR: No reacciona