

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 1 de 44

Índice

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	2
I.1 BASES DE DISEÑO	2
I.1.1 PROYECTO CIVIL.....	3
I.1.2. PROYECTO MECÁNICO	4
I.1.3. PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO	5
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	6
I.2.1. HOJAS DE SEGURIDAD.....	9
I.2.2. ALMACENAMIENTO	9
I.2.3. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN.....	10
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN	17
I.3.1. ESPECIFICACIÓN DEL CUARTO DE CONTROL.....	19
I.3.2. SISTEMAS DE AISLAMIENTO.....	22
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	23
1.4.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES	23
I.4.2 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN.....	277

Índice de Tablas

Tabla 1 Características de los recipientes de almacenamiento.	9
Tabla 2 Especificaciones del Diesel.	11
Tabla 3 Especificaciones generales de las Gasolinas.....	14
Tabla 4 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.	299
Tabla 5 Nodos Seleccionados.	311
Tabla 6 Consecuencias (en forma descriptiva).	322
Tabla 7 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.	333
Tabla 8 Matriz de riesgos.....	344
Tabla 9 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.....	355
Tabla 10 Descripción de las fallas de mayor riesgo.	377
Tabla 11 Fallas con repercusiones al ambiente (incendio y/o explosión).	40
Tabla 12 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.....	432
Tabla 13 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.....	433
Tabla 14 Descripción de escenarios.....	444

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 2 de 44

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una nueva Terminal de Almacenamiento de Productos Petrolíferos la cual estará ligada a un sistema portuario de amarradero convencional mediante una tubería submarina para importación de Gasolina y Diésel, en la costa del Municipio de Empalme, en el estado de Sonora.

I.1 BASES DE DISEÑO

La Terminal contará con los siguientes tanques:

- 2 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls (barriles) para Diésel.
- 3 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls para Gasolina Magna.
- 1 Tanque de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls para Gasolina Premium.
- 2 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 2 000 Bbls para Etanol.
- 1 Tanque de Almacenamiento con capacidad de 5 000 Bbls para Trans-Mix.
- 3 Tanques para almacenamiento de tinte.

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.

La Terminal tendrá la capacidad de recibir Productos Petrolíferos Refinados (Gasolinas y Diésel) por Buque Tanque a través de tubería submarina de interconexión entre la Terminal Marítima y la Terminal Terrestre de Almacenamiento.

Dentro de la Terminal, se tendrán Sistemas de Medición tipo transferencia de custodia (LACT) para manejo de 350 000 BPD¹, almacenamiento de 650 000 Bbls y despacho para auto tanques y carrotanques (a futuro) para manejo de 30 500 BPD, las llenaderas contarán con brazo sencillo de carga por la parte inferior de los mismos, sistema de Bombeo, Sistema de Recuperación de Vapores y Sistema de Seguridad conformada por Sistema de Detección de Gas y Fuego, Sistema de Protección Contra Incendios, Contención de Derrames, Sistema de Paro por Emergencia, Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

Dentro del alcance del proyecto de la Terminal, estará dividida en las siguientes áreas:

- Tomas de producto a 7.1 Km del Puerto (Amarradero tipo Multi-Boya),
- 2 Ductos submarinos,
- Recibo en tierra,
- Almacenamiento,
- Bombeo,
- Despacho.

Ver en **Anexo 1**. Planos de la instalación.

¹ Barriles de Petróleo Diarios

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 3 de 44

I.1.1 PROYECTO CIVIL

Se consideraron los criterios generales más importantes y las bases que rigen el diseño de ingeniería civil; los detalles así como las dimensiones finales de las estructuras y cimentaciones, se definirán durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle y se verán reflejados en los planos y memorias de cálculo que serán emitidos para construcción.

La normatividad aplicable en este proyecto y las buenas prácticas de Ingeniería deben conducir a análisis y diseños que garanticen la resistencia, la seguridad estructural, la seguridad de los equipos y de las personas, procurando la economía de las instalaciones.

Los estándares y códigos mexicanos aplicables al diseño de la Terminal, son los siguientes:

- ASTM: American Standard for Testing and Materials (Estandar Americano para pruebas y materiales)
- A105: Spec. For Forgings, Carbon Steel for Piping Component (Especificaciones para aleaciones, acero al carbón para componentes de tuberías)
- A106: Spec. For Seamless Carbon Steel Pipe for High Temperature Service (Especificación para servicio a altas temperaturas de Tubería sin soldadura)
- API: American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
- STD: Welded Steel Tanks for oil storage (Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Hidrocarburos)
- ASME: American Society of Mechanical Engineers Boiler and Pressure Vessel Code (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos Código para Buques con calderas y presurizados).
- SECT II: Material Specifications (Especificaciones Materiales)
- SECT V: Nondestructive Examination (Examinación no destructiva)
- SECT VIII: Pressure Vessels (Buques Presurizados)
- ANSI: American National Standard Institute
- B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings
- B16.9 Steel Buttwelding Fittings
- ESPECIFICACIONES PDVSA
- PDVSA-FJ-251 Diseño Sísmico de Tanques Metálicos
- PDVSA-F-201-PRT Tanques
- SSPC Steel Structure Painting Council
- SSPC-SP-5 White Metal Blast Cleaning

En el **Anexo 2**, se incluye la mecánica de suelos realizada para la instalación de la Terminal.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 4 de 44

I.1.2. PROYECTO MECÁNICO

Los criterios de diseño de ingeniería mecánica tienen la intención de servir como una guía de diseño para el proyecto, mismos que son aplicables a todos los equipos mecánicos salvo que se indique lo contrario. En la descripción particular de cada equipo, se regirán por las especificaciones del equipo específico y todo el equipo mecánico estará diseñado para mantener su integridad estructural, la capacidad funcional en las condiciones de servicio especificadas y en el comportamiento requerido bajo el presente criterio:

Los criterios de diseño mecánico establecen las normas y prácticas de ingeniería a seguir en la ejecución del diseño mecánico, los cuales se regirán por los siguientes documentos:

- Especificaciones técnicas
- Hojas de datos
- Planos de arreglos generales mecánico
- Planos de detalle de diseño y montaje
- Memorias de cálculo para equipo estático

Todos los equipos mecánicos y materiales serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las últimas ediciones aplicables de las siguientes normas, códigos o especificaciones. Especificaciones de los equipos deberán incluir referencias a las secciones específicas de los siguientes códigos y normas en su caso.

- OCIMF-Guidelines for the Design, Operation and Maintenance of Multi Buoy Moorings – 1st edition 2010 (Lineamientos para el diseño, operación y mantenimiento de Amarraderos por Multiboya 1era Edición 2010).
- NR 216, Offshore Mooring Chain Cables and Accessories (Cadenas y Accesorios para Amarraderos fuera de Costa)
- NR 493, Classification of Mooring Systems for Permanent Offshore Units. (Clasificación para Unidades permanentes de Amarre fuera de costa).
- DNV-OS-E302, Offshore mooring chain. (Cadena de Amarre fuera de Costa).
- ISO 1704, Ships and marine technology — Stud-link anchor chains (Tecnología de Buques Marinos – y cadenas de anclaje)
- Norma Técnica E.020 - Cargas
- DNV-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads (Condiciones ambientales y cargas ambientales).
- ROM 3.1-99 Proyecto de la configuración marítima de los puertos, canales de acceso y áreas de flotación.
- ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Building (Especificaciones para la construcción de estructuras de acero).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 5 de 44

- BS 6349-1-2000 – Maritime structures. Code of practice for general criteria (Estructuras Marítimas. Código de criterios y prácticas generales).
- API 2 SK Design and Analysis of Station-keeping Systems for Floating Structures 3rd Edition (Diseño y Análisis de sistemas de estaciones para estructuras flotantes, 3ra edición).
- API SPEC 2F: Specification for Mooring Chain (Especificaciones de Cadena de Amarre).
- SOLAS (Convenio internacional para la seguridad humana en el mar)
- ISO 1704:2008 – Ships and marine technology – Stud-link anchor chains (Buques y Tecnología Marina)
- ASCE/SEI 7-10
- BV NR 493 DT R02E Classification of Mooring Systems for Permanent Offshore Units (Clasificación de Sistemas de Amarre Permanentes para Unidades fuera de costa)
- BV NR 216 Rules on materials and welding for the classification of marine units (2013) (Reglas para materiales y soldadura para la clasificación de unidades marinas).
- BV NR 426 Construction survey of steel structures of offshore units and installations (2006) (Catalogo de Construcción de Estructuras de Acero de unidades fuera de costa y sus instalaciones)
- BV NR 44 Rules for Classification Offshore Units (Reglas para la clasificación de unidades fuera de costa).

I.1.3. PROYECTO SISTEMA CONTRA-INCENDIO

Para el diseño del sistema fijo contra incendio, se elaboró una filosofía de operación en base a la NFPA-20-2013 Norma para la Instalación de Bombas centrifugas de incendio (Standard for the Installation of Centrifugal Fire Pumps).

Para mayor detalle, **Ver Anexo 3**. Filosofía de operación FO-500, así como DTIs del sistema.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 6 de 44

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

A) DESCARGA DE PRODUCTO A 7KM DEL PUERTO (AMARRADERO MULTI-BOYA)

La Terminal Marítima, contempla la instalación de Amarradero tipo multi-boyas para descarga, conformada por dos líneas submarinas de 16"Ø, para comercializar productos destilados. La Recepción de buques al amarradero tipo multiboyas estará diseñado para que puedan operar buques del tipo Rango Medio como los de tipo I, II y III.

Para la descarga del barco a línea submarina, será a través de 2 mangueras de 12"Ø, que se conectarán mediante un manifold bajo el agua a la línea submarina.

La capacidad de descarga del barco puede ser de 2 200 hasta 5 100 m³/h. La temperatura de los productos para descarga será de 24-25°C.

B) DUCTO SUBMARINO

El área de descarga de Buquetanques estará conformada además por dos ductos submarinos de 16" cada uno, los cuales tendrán una longitud de 7 000 metros para llegar a la cota batimétrica -20 m aproximadamente; estos ductos estarán enterrados para que descansen en el fondo marino y estén protegidos de posibles daños por pescadores, anclas de buques u otros factores.

Otra medida de protección es contemplar tubería lastrada, la cual tiene un recubrimiento de cemento y acero para combatir el coeficiente de flotación, así como otros tratamientos anticorrosivos.

En el receptor de las mangueras del barco se instalará un sistema de control submarino, cuyo principal objetivo será el control y manejo de las válvulas de paro de emergencia (ESDV).

C) RECIBO

El área de recibo en tierra, estará compuesta por Patines de Medición, los cuales medirán los productos petrolíferos provenientes del Buque Tanque, la cual se recibirá por ducto submarino.

Para el diseño de las bombas de llenado de tanques, se deberá considerar la tubería respectiva para una velocidad de succión de bombas de 1-5 pies/seg y una velocidad de descarga de bombas de 6-10 pies/seg.

Los patines de medición serán:

Patín de Medición	Flujo	Producto
PM-01	8 750 GPM Arreglo (1+1)	Gasolina Magna
PM-02	13 125 GPM Arreglo (1+1)	Diésel
PM-03	4 375 GPM	Gasolina Premium

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 7 de 44

Patín de Medición	Flujo	Producto
PM-04	2 183 GPM	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”.

D) ALMACENAMIENTO

La Terminal contará con una capacidad de Almacenamiento de 650 000 Bbls, conformada por 8 Tanques Verticales para almacenar Diésel, Gasolinas y Etanol y 1 Tanque de 5 000 Bbls para manejo de Trans-Mix.

Los Tanques de Almacenamiento y capacidad operativa son los siguientes:

Tanque	Producto	Cantidad de Tanque	Capacidad por Tanque	Capacidad Total	Código de Diseño
TV-01/02	Diésel	2	100 000 Bbls	200 000 Bbls	API-650
TV-03/04/05	Gasolina Magna	3	100 000 Bbls	300 000 Bbls	API-650
TV-06	Gasolina Premium	1	100 000 Bbls	100 000 Bbls	API-650
TV-07/08	Etanol	2	25 000 Bbls	50 000 Bbls	API-650
TV-09	Trans-Mix	1	5 000 Bbls	5 000 Bbls	API-650

Para mayor detalle, ver en **Anexo 12**, las bases de diseño de los tanques para almacenamiento de combustibles.

Los tanques deberán ser diseñados y construidos, de fondo cónico, completamente drenables en cumplimiento con los estándares, contarán con techo fijo y para los de almacenamiento de gasolinas deberán contar con Membrana Interna Flotante.

Los Tanques de Almacenamiento contarán con un Sistema de Telemedición para la medición de niveles de productos y agua, además contará con medición de temperatura (tipo multipunto), medidor de presión, indicador a pie de tanque, así mismo los medidores de nivel deberán de cumplir con la prevención de sobrellenado de acuerdo a API 2350.

Para el control de inventarios, se contará con un Sistema de gestión de inventarios, el cual proporcionará información a los operadores, funciones de inventario y transferencia de custodia, así como la configuración y el mantenimiento de los Sistemas de Telemedición.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 8 de 44

E) BOMBEO

El Sistema de Bombeo a llenaderas en la Terminal se encuentra conceptualizado de tal forma que se diseñará equipos de bombes dedicados para manejo de Diésel, Gasolina Magna y Gasolina Premium.

Cada bomba será diseñada para manejo de 500 GPM para cada producto. La cantidad de bomba se definirá en la Ingeniería básica. Las bombas contarán con variador de frecuencia, arrancador, selector automático/manual/fuera y deberán contar con protocolo DeviceNet.

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 y carrotanques contarán con switch de nivel de sobrellenado y esta enviará la señal de paro al sistema por alto nivel. Todas las bombas deberán cumplir con lo indicado en el API-610.

F) DESPACHO

El despacho de los productos de la Terminal se realizará por Autotanques y Carrotanques.

Para el despacho por Autotanques se construirán 3 islas de llenado para Gasolina Magna, 2 Islas de Llenado para Diésel y 1 Isla de Llenado para Gasolina Premium, cada isla de llenado contará con 1 posición de llenado y contarán con brazo sencillo de carga por la parte inferior de los mismos.

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"

Lista de llenaderas de autotanques

Llenadera	Flujo	Producto
Llenadera 1	500 GPM	Diésel
Llenadera 2	500 GPM	Diésel
Llenadera 3	500 GPM	Gasolinas Magna
Llenadera 4	500 GPM	Gasolinas Magna
Llenadera 5	500 GPM	Gasolinas Magna
Llenadera 6	500 GPM	Gasolinas Premium

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 9 de 44

Lista de llenaderas de carrotanque

Llenadera	Flujo	Producto
Llenadera 1	500 GPM	Diésel
Llenadera 2	500 GPM	Gasolina Premium
Llenadera 3	500 GPM	Gasolinas Magna

I.2.1. HOJAS DE SEGURIDAD

La sustancia principal que será manejada en la operación de la Terminal de Fluidos y que se encuentra en el segundo listado de actividades altamente riesgosas es la gasolina, además del Diésel y el Etanol, mismos que no se encuentran en los listados de actividades altamente riesgosas.

Para mayor detalle **Ver Anexo 4** Hoja de Datos de Seguridad.

I.2.2. ALMACENAMIENTO

La Terminal contará con una capacidad de Almacenamiento de 650 000 Bbls, conformada por 8 Tanques Verticales para almacenar Diésel, Gasolinas y Etanol y 1 Tanque de 5 000 Bbls para manejo de Trans-Mix.

Tabla 1 Características de los recipientes de almacenamiento.

Tanque	Producto	Cantidad de Tanque	Capacidad por Tanque	Capacidad Total	Código de Diseño
TV-01/02	Diésel	2	100 000 Bbls	200 000 Bbls	API-650
TV-03/04/05	Gasolina Magna	3	100 000 Bbls	300 000 Bbls	API-650
TV-06	Gasolina Premium	1	100 000 Bbls	100 000 Bbls	API-650
TV-07/08	Etanol	2	25 000 Bbls	50 000 Bbls	API-650
TV-09	Trans-Mix	1	5 000 Bbls	5 000 Bbls	API-650

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 10 de 44

I.2.3. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN

A) Laboratorio en sitio para verificación de calidad de los productos que se manejarán, inspección de los tanques y tuberías del sistema de la terminal de almacenamiento.

Los laboratorios ofrecen una completa gama de servicios de ensayos de gasolina, incluyendo la determinación rutinaria del RON (número de octano de investigación), MON (número de octano del motor), RVP (presión de vapor Reid), destilación, azufre y densidad. Se analizarán todas las propiedades de la gasolina en muestras.

La intención de lo anterior es contar con el servicio en sitio para ofrecer al cliente un servicio completo con calidad garantizada.

Dentro de las especificaciones se incluyen normas europeas, como la EN 228, y la norma D4814 de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), así como las especificaciones para la Junta de Recursos del Aire de California (CARB), la Agencia de protección del medio ambiente de EE. UU., Colonial Pipeline y otras especificaciones para conducciones.

Pruebas que se le efectuarán al producto:

- Densidad.
- Viscosidad.
- Punto de obstrucción del filtro en frío.
- Punto de inflamación.
- Lubricidad.
- Punto de enturbiamiento.
- Residuo de carbón (en 10% residuo destilación).
- Contenido de Ceniza.
- Corrosión Cobre.
- Estabilidad Oxidación.
- Contenido FAME.
- Destilación.
- Sulfuro.
- Número Cetano.
- Índice Cetano.
- Hidrocarbano Aromático EN 12916.

B) Productos a manejar en la terminal y que serán objeto de inspección y verificación de calidad.

DIESEL EN 590

La norma EN 590 describe los estándares de propiedades físicas (descritas por el ISO) que debe tener el Ultra Low Sulphur Diesel (ultra bajo en azufre) para la Unión Europea, Croacia, Islandia, Noruega y Suiza.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 11 de 44

El EN 590 de acuerdo a las normas ISO de emisiones descritas por la normatividad europea de emisiones, es considerado un Ultra Low Sulphur Diesel y su calidad se especifica en la norma EN 590 (Azufre: 0.001 MAX). Mientras que estas especificaciones no son obligatorias, son observadas por todos los proveedores de combustible en Europa.

Muchos países europeos requieren una clase de combustible diésel de acuerdo a su entorno climático, las siguientes son las normativas que definen las especificaciones para el EN 590 en zonas climáticas templadas y zonas árticas.

zonas climáticas templadas							
Características	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F	Unidades
CFPP	5	0	-5	-10	-15	-20	° C
Densidad a 15 ° C	820-860	820-860	820-860	820-860	820-860	820-860	kg / m ³
Viscosidad a 40 ° C	2 - 4,5	2 - 4,5	2 - 4,5	2 - 4,5	2 - 4,5	2 - 4,5	mm ² / s
Índice Cetan	46	46	46	46	46	46	
Número Cetan	49	49	49	49	49	49	

En México, derivado de la reforma energética y a partir del 1ero de Enero de 2019 será exigible esta gasolina en las zonas marcadas en la NOM-016-CRE-2016, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2 Especificaciones del Diésel.

Propiedad	Unidad	Método de prueba	Valor límite	
			Diésel Automotriz	Diésel agrícola/marino
Gravedad específica a 20/4°C	Adimensional	Densidad, densidad relativa (gravedad específica o gravedad de petróleo crudo y productos líquidos de petróleo por el método hidrométrico, ASTM D1298, D4052)	informar	informar
Temp. inicial de ebullición	°C	No disponible	informar	No disponible
Al 10% recuperado	°C		275.0 máx.	informar
Al 50% recuperado	°C		informar	No disponible
Al 90% recuperado	°C		345.0 máx.	345.0 máx.
Temp. final de ebullición	°C		informar	No disponible
Temperatura de inflamación	°C	Temperatura de inflamabilidad: Prueba Pensky-Martens de	45.0 mínimo	60.0 mínimo

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 12 de 44

Propiedad	Unidad	Método de prueba	Valor límite	
			Diésel Automotriz	Diésel agrícola/marino
		copa cerrada (ASTM D93, D7094, D3828)		
Temperatura de escurrimiento	°C	Punto de fluidez de productos (ASTM D97)	Marzo a octubre: 0 °C máximo; Noviembre a febrero: -5 °C máximo	
Temperatura de nublamiento	°C	Punto en el que los combustibles de petróleo se enturbian (ASTM D2500)	Informar(1)	informar
Índice de cetano ²	Adimensional	Cálculo del índice de cetano de combustibles destilados (ASTM D4737, D976)	45 mínimo	45 mínimo
Número de cetano ³	Adimensional	Número de cetano del diésel (ASTM D613)	45 mínimo	45 mínimo
Azufre	mg/kg (ppm)	Determinación de azufre en productos de petróleo por espectroscopia de rayos X de fluorescencia por dispersión de energía (ASTM D4294) Determinación de azufre total en hidrocarburos ligeros (ASTM D5453, D2622, D7039, D7220)	15 máximo ⁴ 500 máximo resto del país	500 máximo
Corrosión al Cu, 3 horas a 50 °C	Adimensional	Detección de corrosión por cobre en productos de petróleo por la prueba de mancha de tira de cobre (ASTM D130)	estándar # 1 máximo	estándar # 1 máximo

² La temperatura máxima debe ser menor o igual que la temperatura ambiente mínima esperada.

³ En caso de medir el número de cetano, este parámetro deberá medirse sin aditivo. En caso de requerirse la aditivación del diésel, se deberá estar a lo establecido en el numeral 4.3 de la Norma.

⁴ A la entrada en vigor de la Norma, el contenido máximo de azufre en el diésel automotriz será de 15 mg/kg para las ZMVM, ZMG, ZMM y ZFN, así como para el importado mediante ducto, buquetanque, autotanque u otro medio de transporte terrestre; para el resto del país el contenido de azufre será de 500 mg/kg máximo. A más tardar el 31 de diciembre de 2018, el contenido máximo de azufre en este petrolífero será de 15 mg/kg en todo el territorio nacional.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 13 de 44

Propiedad	Unidad	Método de prueba	Valor límite	
			Diésel Automotriz	Diésel agrícola/marino
Residuos de carbón (en 10 % del residuo)	% masa	Residuos de carbón mediante prueba Ramsbottom de productos de petróleo (ASTM D524)	0.35 máximo	0.35 máximo
Agua y sedimento	% vol.	Agua y sedimento en combustibles de destilación media por centrifugado (ASTMD2709)	0.05 máximo	0.05 máximo
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm ² /s	Viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (cálculo de viscosidad dinámica, ASTM D445)	1.9 a 4.1	1.9 a 4.1
Cenizas	% masa	Cenizas en productos de petróleo (ASTM D482)	0.01 máximo	0.01 máximo
Color	Adimensional	Color de productos de petróleo/ visual (ASTM D1500)	2.5 máximo	Morado
Contenido de aromáticos	% vol.	Tipos de hidrocarburos en productos líquidos de petróleo por absorción de indicador fluorescente (ASTM D1319, ASTM D5186)	35 máximo	35 máximo
Lubricidad ⁵	micrones	HFRR Test (ASTM D6079, ASTM D7688)	520 máximo	520 máximo
Conductividad eléctrica ⁶	pS/m	Conductividad eléctrica (ASTM D2624, ASTM D4308)	25 mínimo	25 mínimo

⁵ Para cumplir con la especificación de lubricidad, el diésel podrá aditivarse en las instalaciones de almacenamiento o distribución previo al expendio al público; la prueba correspondiente al diésel cuya composición sea final, deberá realizarla el Permisionario que lleve a cabo la aditivación.

⁶ La conductividad eléctrica debe ser medida a la temperatura del diésel previo al expendio al público. El requisito de conductividad mínima de 25 pS/m aplica en todos los casos de transferencia a alta velocidad, esto es, 7 m/s. Cuando la velocidad difiera de 7 m/s, deberán aplicarse las condiciones establecidas en la Tabla 2 del estándar ASTM D975.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 14 de 44

Tabla 3 Especificaciones generales de las Gasolinas.

Propiedad	Unidad	Método de prueba	Valor límite	
			Gasolina Premium	Gasolina Regular
Gravedad específica a 20/4 °C	Adimensional	Procedimiento para densidad, densidad relativa (gravedad específica) o gravedad de petróleo crudo o productos de petróleo líquido por hidrómetro (ASTM D1298, D4052)	Informar	Informar
Azufre Mercaptánico	mg/kg	Determinación de azufre mercaptánico en gasolina, queroseno, combustibles destilados para aviones de turbina (Método potenciométrico, ASTM D3227)	20 máximo	20 máximo
Corrosión al Cu, 3horas a 50 °C	Adimensional	Detección de corrosión por cobre en productos de petróleo por la prueba de mancha de tira de cobre (ASTM D130)	Estándar # 1 máximo	Estándar # 1 máximo
Corrosión a la Ag,	Adimensional	Determinación de corrosividad a la plata por gasolinas por el método de placa de plata (ASTM D7667, ASTM D7671)	Estándar # 1 máximo	Estándar # 1 máximo
Goma lavada	kg/m ³ (mg/100mL)	Gomas existentes en combustibles por evaporación por chorro (ASTM D381)	0.050 máximo (5 máximo)	0.050 máximo (5 máximo)
Gomas no lavadas	kg/m ³ (mg/100mL)	Gomas existentes en combustibles por evaporación por chorro (ASTM D381)	0.7 máximo (70 máximo)	0.7 máximo (70 máximo)
Periodo de inducción	Minutos	Estabilidad de oxidación de gasolina (Método de periodo de inducción, ASTM D525)	240 mínimo	240 mínimo
Número de octano(ROK) ⁽²⁾	Adimensional	Número de octano Research de combustible para motores de encendido por chispa (ASTM D2699)	94.0 mínimo	Informar

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 15 de 44

Propiedad	Unidad	Método de prueba	Valor límite	
			Gasolina Premium	Gasolina Regular
Número de octano (MON)	Adimensional	Número de octano Motor de combustibles para motores de encendido por chispa (ASTM D2700)	Informar	82.0 mínimo
Índice de octano (RON+MON)/2	Adimensional	Número de octano Research de combustible para motores de encendido por chispa (ASTM D2699) Número de octano Motor de combustibles para motores de encendido por chispa (ASTM D2700)	91 mínimo	87.0 mínimo
Aditivo detergente dispersante	mg/kg	Evaluación de gasolinas libres de plomo en motores de combustión interna (ASTM D5598, ASTM D5500)	En concentración que cumpla con la especificación de la EPA en el apartado 80.165 del CFR.	

C) Inspecciones a Tanques de Almacenamiento.

Inspección del montaje y soldadura de fondo

La inspección comienza con el chequeo de las plantillas para el corte de las placas del fondo, las cuales son revisadas antes de iniciar los cortes.

Una vez aprobadas las plantillas por Control de Calidad, comienzan los cortes de las placas o se identifican cada una de las placas, y verifica el radio posterior a los cortes.

Se debe cuidar que la soldadura se realice utilizando los procedimientos de soldadura aprobados (WPS) los cuales son incluidos en el plan de calidad del proyecto.

En cuanto a la secuencia de soldadura del fondo, ésta comienza con las soldaduras transversales del centro y luego longitudinales del centro, para concluir con transversales y longitudinales de las placas y siempre del centro hacia afuera.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 16 de 44

Posterior a la soldadura del fondo, se procede a ejecutar al 100% de las soldaduras la prueba de vacío con la caja de vacío la cual debe tener un manómetro que registre un vacío parcial de por lo menos 2 PSI y registrar los resultados. La prueba de vacío se realiza con el “PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE VACÍO”.

Cualquier fuga en la soldadura se marca y se procede con la reparación utilizando el procedimiento de reparaciones de soldadura aprobado.

Inspección de soldadura del fondo con la pared

Una vez completada la soldadura de las esquinas entre la pared y fondo ésta se prueba ya sea usando una caja de vacío de esquina al 100% de la soldadura o gasoil, después de remover la escoria y limpiado el cordón.

Cualquier fuga se repara usando el procedimiento de reparación.

Prueba Hidrostática del Tanque.

Antes de proceder a probar hidrostáticamente el tanque, se deben verificar todas las actividades previas a la prueba.

Dichas actividades deben estar ejecutadas y a conformidad del cliente mediante el registro de las diferentes formas.

Una vez cumplido los requisitos los inspectores de TARSCO y del cliente de Aseguramiento y Control de Calidad dan la confirmación para proceder a realizar la prueba hidrostática según el “PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA”.

Chequeo de las fundaciones

Se verificará el nivel de la fundación, tomando en cuenta puntos de referencia en la circunferencia externa de la fundación es decir a 0°, 90°, 180° y 270° a fin de determinar el centro del tanque.

Marcar círculos concéntricos a un radio equidistante de 5 m con el centro del tanque, tomado como centro común; luego se mide el nivel de puntos generados en cada círculo por 5 m equidistantes.

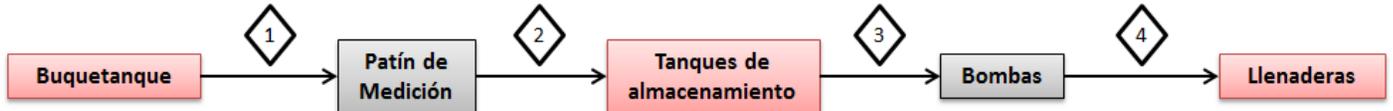
La diferencia máxima permitida de high-low entre puntos deberá estar dentro de un rango de 5 mm.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 17 de 44

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

A continuación se indican las condiciones de operación por fluido manejado:

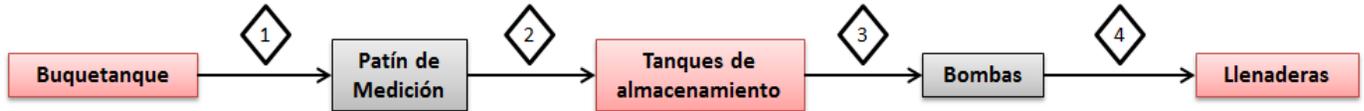
Diagrama de Flujo de Proceso
(Gasolinas)



Parámetro	1	2	3	4
Flujo másico (TPH)				
Máximo	1 899	1 899	336 (normal)	336 (normal)
Mínimo	1 687	1 687		
Flujo volumétrico (GPM)				
Máximo	11 300	11 300	2 000 (normal)	2 000 (normal)
Mínimo	10 040	10 040		
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Presión (kg/cm²)	5.2	4.2	1.4	5

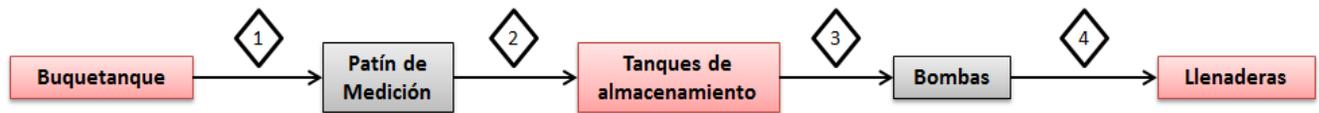
ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 18 de 44

Diagrama de Flujo de Proceso
(Diesel)



Parámetro	1	2	3	4
Flujo másico (TPH)				
Máximo	2 181	2 181	290 (normal)	290 (normal)
Mínimo	1 938	1 938		
Flujo volumétrico (GPM)				
Máximo	11 300	11 300	1 500 (normal)	1 500 (normal)
Mínimo	10 040	10 040		
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Presión (kg/cm²)	5.2	4.2	1	5

Diagrama de Flujo de Proceso
(Etanol)



Parámetro	1	2	3	4
Flujo másico (TPH)				
Máximo	2 027	2 027	54 (normal)	54 (normal)
Mínimo	1 801	1 801		
Flujo volumétrico (GPM)				
Máximo	11 300	11 300	300 (normal)	300 (normal)
Mínimo	10 040	10 040		
Temperatura (°C)	25	25	25	25
Presión (kg/cm²)	5.2	4.2	1.04	5

Ver en Anexo 5. Diagramas de Flujo.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 19 de 44

I.3.1. ESPECIFICACIÓN DEL CUARTO DE CONTROL

Para el diseño general de la Terminal y sus instalaciones.

- Reglamento de Construcción del Estado de Sonora.
- Manual de Diseño de Obras Civiles, Diseño por Sismo; de la **C.F.E. 2008**
- Diseño por Viento: Manual de Diseño por Viento, CFE MDOC-VIENTO.
- Reglamento de Construcción del Distrito Federal; Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Edificaciones
- (RCDF-2005).
- INEGI- Metodología de elaboración de la carta Hidrológica.
- INEGI- Metodología de elaboración de la carta Geológica.
- CETENAL- Precipitación y probabilidades de lluvia en la República Mexicana.

Para el diseño de estructuras de concreto, edificios y cimentaciones

- Manual de Cargas Mínimas de Diseño para Edificios y Otras Estructuras, del
- American Society of Civil Engineers (ASCE/SEI 7-05)
- Cimentaciones: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de
- Cimentaciones, Ciudad de México 2004, NTC-Cimentaciones-2004.
- Para el diseño de estructuras metálicas.
- Acero Estructural: AISC American Institute of Steel Construction, Steel Construction
- Manual, Load and Resistance Factor Design LRFD, 2010 14th Edition
- Pernos y Tornillos: AISC Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490
- bolts, 2009.
- Soldadura: AWS American Welding Society, Structural Welding Code Steel, AWS-D1.1,
- 2010.
- Combinaciones de diseño: ASCE American Society of Civil Engineers, Minimum Design
- Loads for Buildings and Other Structures SEI/ASCE 7-10.
- American Petroleum Institute (**API Standard 650-05**)

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 20 de 44

Los materiales que serán utilizados en este proyecto deberán reunir los siguientes requisitos:

❖ **Concreto.**

Tamaño de los agregados máximos para vigas, castillos, columnas, muros y losas.	19 mm (3/4")
Tamaño máximo de los agregados para losas de cimentación y pisos de proceso.	38 mm (1½")
Resistencia del concreto a la compresión en los elementos estructurales : cimentaciones, columnas, vigas, losas, estructuras masivas, muros.	$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ (25 MPa)
Resistencia del concreto a la compresión en los elementos estructurales: castillos, dalas para las bardas y zpatas corridas de cimentacion.	$f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia del concreto a la compresión en los elementos estructurales : cimentación de zapata corrida para tanques A.P.I., pilas, losa octagonal, anillo.	$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ (35 MPa)
Resistencia del concreto a la compresión de la plantilla.	$f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
Cemento portland puzolanico (ASTM C150).	Tipo V CPP-30R-RS
Grout:	Tipo Expansivo, No Metálico
Acero de refuerzo ASTM A615, Grado 60.	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Malla electrosoldada:	ASTM A-185; $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$

Nota: El tipo de cemento y las dosificaciones del concreto en ambiente agresivo cercano a la costa, será definido hasta tener el estudio de Calidad de los bancos de agregados cercanos al sitio, por parte del laboratorio de Mecánica de Suelos

Requisitos mínimos para el acero estructural y sus componentes:

Perfiles indicados en el Manual IMCA o Manual AISC:	ASTM A-36, ASTM A572, ASTM A992 donde sea indicado.
Tubos HSS:	ASTM A500, Grado C
Tubos circulares:	ASTM A53, Grado B
Perfiles formados en frio tipo CF ó Mon-Ten:	ASTM A653
Proceso de Galvanizado	ASTM A123
Tornillos de Alta Resistencia:	ASTM A325

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 21 de 44

Acero para Anclas:	ASTM A-F1554-Gr 36; A193 Gr B7; A-354 Gr BC/BD
Tuercas Hexagonales Pesadas	ASTM A563 Grado A

Cualquier cambio en el tipo y características de materiales, será definido de manera particular en la memoria de cálculo y planos.

La calidad de los materiales cumplirá con las normas de la ONNCCE (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.).

A) DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural se hará bajo cargas (vivas y muertas); cargas de fluidos; y cargas accidentales sismo y viento en base de lo establecido en el Manual para Diseño de Tanques de Almacenamientos Soldados de Acero, del American Petroleum Institute (API Standard 650-05).

El diseño estructural principal será realizado haciendo uso de los comentarios y recomendaciones dictadas por el Manual de American Petroleum Institute (API Standard 650-05).

A.1 Acero

El acero estructural estará acorde con el código AISC-360 LRFD.

Los perfiles rolados en frio deberán revisarse con el código AISI.

Todas las conexiones soldadas deberán utilizar el código AWS D1.1/D1.1M, la sección 3.3 (incluido el cuadro 3.1), y se utilizarán los electrodos de 70 ksi (480 MPa) de resistencia a la tracción excepto donde se indique.

Perfiles estructurales del tipo: ángulos (L), canales (C, MC), y secciones tipo I (M,S y HP), placas y barras serán de conformidad con la norma ASTM A36/A36M, a menos que se especifique lo contrario.

Perfiles estructurales del tipo I serán ASTM A- 992

De acuerdo al diseño indicado en la memoria de cálculo estructural se hará con conexiones soldadas en taller y/o atornilladas en campo. Las rejillas no deberán considerarse como apoyo lateral de las vigas.

Excepto como se especifica en el párrafo siguiente o si las conexiones de deslizamiento crítico son requeridas por las Especificaciones del AISC:

Para juntas estructurales usando la norma ASTM A325 o A490 para tornillos, todos los pernos o tornillos deberán ser de ¾" pulgadas (19 mm) y mayores (con excepción de los pernos de anclaje), los tornillos del tipo-N (con diseño tipo aplastamiento con hilos incluidos en el plano de corte) de alta resistencia ASTM A325.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 22 de 44

Los tamaños mínimos de los pernos serán como sigue:

- Elementos Estructurales Principales ASTM A325 (galvanizados)
- Elementos Estructurales Secundarios ASTM A307 o A307 (galvanizados)

Las estructuras metálicas deberán, estar galvanizadas de acuerdo al ASTM A123.

I.3.2. SISTEMAS DE AISLAMIENTO

Dentro de la Terminal, se tendrán Sistemas de Medición tipo transferencia de custodia (LACT) para manejo de 350 000 BPD, almacenamiento de 650 000 Bbls y despacho para auto tanques y carrotanques (a futuro) para manejo de 30 500 BPD, las llenaderas contarán con brazo sencillo de carga por la parte inferior de los mismos, sistema de Bombeo, Sistema de Recuperación de Vapores y Sistema de Seguridad conformada por Sistema de Detección de Gas y Fuego, Sistema de Protección Contra Incendios, Contención de Derrames, Sistema de Paro por Emergencia, Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

La Terminal contará con Sistema de Administración, Comercial y Operativa, Sistema de Control, Sistemas de control de Acceso, Instrumentación, Válvulas Manuales y Automatizadas.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 23 de 44

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1 ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES

1. 17 de octubre del 2006. Ocho personas murieron y 13 resultaron lesionadas a causa de una explosión ocurrida a las 13:19 en un buque tanque amarrado en el muelle de abastecimiento adyacente al complejo petroquímico de Pajaritos, en Coatzacoalcos.

Petróleos Mexicanos (Pemex) informó que la explosión ocurrió cuando una chispa provocada por los trabajos de reparación de la grúa de carga del buque *Quetzalcóatl* entró en el venteo de un tanque e hizo arder residuos de gas. En el incidente fallecieron tres empleados de la compañía contratista López García SA de CV, tres de Pemex y dos personas no identificadas.

El director de la Unidad de Protección Civil municipal, dijo que la explosión generó una onda expansiva que se sintió en los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán y Allende.

Los edificios del primer cuadro de la ciudad y los colindantes con el río Coatzacoalcos se cimbraron, por lo que mucha gente abandonó sus lugares de trabajo y salió a la calle a observar la gran nube de humo blanco que cubría el complejo petroquímico.

Elementos del Ejército y de cuerpos de auxilio estatales y municipales, así como personal de seguridad de Pemex, trataron de sofocar el fuego que envolvió al buque tanque de la paraestatal.

Al momento del accidente la embarcación estaba vacía.

A las 14:30 horas personal de Pemex especializado en control de contingencias proveniente de las refinerías Lázaro Cárdenas y La Cangrejera, llegó al lugar del accidente.

2. En la madrugada del viernes 23 de octubre de 2009 se produjeron una serie de explosiones e incendios dentro de las instalaciones de la compañía Caribbean Petroleum Corporation (CAPECO). El primer estallido fue el más potente y se registró a las 12:23 am, hora local. A partir de las 12:25 am ocurrieron múltiples explosiones secundarias ocasionales de menor intensidad que la primera. La última explosión registrada por el cuerpo de bomberos ocurrió a las 8:16 am del viernes

Cinco integrantes del equipo de investigación del Comité de Seguridad Química de los Estados Unidos (CSB, por sus siglas en inglés) se presentaron en las instalaciones de CAPECO en la tarde del 23 de octubre de 2009. Dicha agencia federal estadounidense está formada por un grupo de ingenieros químicos, mecánicos, industriales y otros especialistas, dedicados a investigar accidentes a nivel industrial con el fin de proveer recomendaciones que garanticen la seguridad de instalaciones que manejan productos químicos. Su rol es explicar la ocurrencia de un accidente e identificar las causas, condiciones y circunstancias por la que ocurrió, de manera en que pueda prevenirse en un futuro. El equipo de CSB dedicó las primeras semanas posteriores al accidente a interrogar al personal de la compañía petrolera y a recolectar documentación importante sobre el manejo de las instalaciones de CAPECO. También recurrió a los videos de seguridad de la planta petrolera y a la evidencia física tras la catástrofe. En primeras instancias, CSB expresó su interés en examinar las prácticas de seguridad ejecutadas en la planta. Por su parte, el Buró Federal de

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 24 de 44

Investigaciones (FBI), como agencia encargada de la investigación de crímenes federales, y la Agencia de Inmigración y Aduanas de los Estados Unidos se dedicaron a investigar el trasfondo del accidente en busca de un posible perjuicio premeditado en contra de las instalaciones de la planta petrolera.

CSB encontró que el sistema de monitoreo computarizado de los niveles de llenado no registró adecuadamente la información durante las horas antes de accidente. Se declaró que los empleados habían estado usando medidores mecánicos colocados sobre la superficie exterior de las paredes de los contenedores para estimar el volumen de combustible almacenado. Un momento de descuido de los operadores pudo ser suficiente para que la cantidad de combustible depositado sobrepasara la capacidad de un tanque en proceso de llenado dando cabida a un derrame. Justo antes del accidente, uno de los contenedores de la región sureste de la granja de almacenamiento identificado con el número 105 estaba siendo llenado con gasolina proveniente de una barcaza situada en el puerto de la Bahía de San Juan y varios camiones cisterna acababan de salir de la planta para seguir sus rutas de distribución de combustible en la isla. El sistema de sensores no reportó cuando estuvo lleno el contenedor 105, un tanque cilíndrico con techo externo fijo, con un diámetro de 45 metros y altura de 18 metros, aproximadamente

3. Ciudad de México, 15 de marzo.- 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 autotanque cuando ocurrió el siniestro, que no reportó personas fallecidas ni daños materiales severos.

4. 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

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 25 de 44

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.

5. 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.

6. El 19 de diciembre de 1982 en Tocoa, Venezuela una catástrofe dejó un saldo de más de 200 muertos.

La planta de Tocoa 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 Tocoa 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 reavivó. 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.

7. En la Bahía de Algeciras (Cádiz) se presenta una falla mecánica en la monoboya de Cepsa (Compañía Española de Petróleos, S.A. de C.V.), donde se ha generado un derrame de 2000 litros de crudo aproximadamente. El derrame de crudo mezclado con agua se ha producido a las 20.45 horas, frente a la costa del Campo de Gibraltar, las localidades de San Roque, Los Barrios y Algeciras (Cádiz). Donde tres embarcaciones y un helicóptero realizan tareas de control y análisis en el mar.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 26 de 44

Según han explicado a EL ESPAÑOL fuentes de la compañía: "Todo ha ocurrido cuando se estaba realizando una operación con un remolcador para llenar de agua la línea de la monoboya y realizar una prueba hidráulica". La cual quedó abierta y ha provocado que saliera crudo a través del remolcador a la bahía de Algeciras".

La prueba hidráulica que se realizaba en la monoboya forma parte de los trabajos necesarios para poder realizar la inspección anual de la misma. Al detectarse el incidente se han detenido de inmediato todas las operaciones y se ha activado el Plan Interior Marítimo (PIM) para emergencias de este tipo. Añaden que "a través de embarcaciones se ha conseguido poner una barrera al vertido para que no se extendiera". La compañía está colaborando en las acciones de cercado y recogida del producto derramado. Además, Cepsa ha abierto una investigación para determinar las causas del incidente.

Desde Cepsa han informado a la Capitanía Marítima de Algeciras, la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras (APBA), el Centro de Control de Salvamento Marítimo de Algeciras, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y al servicio de Emergencias 112.

El Español 28/sept/2016

8. En Galeta Cordova el día 02 de Diciembre de 2008 se presenta un derrame de petróleo que afecto unos 500 metros de costa. El accidente ocurrió cuando un Buquetanque petrolero con destino a Chile cargo crudo en la monoboya. Un cambio en la dirección e intensidad del viento provoco que se detuviera. Cuando Termap (Terminales Marítimas Patagónicas), pidió que se retomara la actividad, un giro ocasiono que se desprendiera una manguera flotante y parte del petróleo se filtró.

El capitán del Genmar Spyridon (de origen ruso) comunico la falla y la central de almacenaje puso en marcha el operativo de contingencia de unos 2 metros cúbicos de petróleo. El incidente también rompió algunas partes de la monoboya, otra de las razones que mantiene inactiva la zona de carga.

Cuando un buque se apresura a recibir hidrocarburos de la monoboya, debe amarrarse hasta completar la carga del crudo requerido. En todo ese proceso, la custodia de las embarcaciones está a cargo de Termap, una de las obligaciones que establece la concesión del servicio.

Termap es un centro de almacenaje de todo el hidrocarburo que se produce en la cuenca del Golfo San Jorge y la propiedad de la firma es compartida por las operadoras que tienen concesiones en la región. La empresa cuenta con dos plantas: una en Galeta Córdoba y otra en Galeta Oliva.

El Patagónico, Chubut 07/12/2008

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 27 de 44

I.4.2 METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

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.

Para la identificación de los riesgos involucrados con el manejo de combustibles en las instalaciones de la Terminal de Fluidos Empalme, se identificaron los puntos críticos de riesgo de los equipos y sistemas que estarán en operación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs), arreglos mecánicos, eléctricos y civiles de las instalaciones, así como las memorias técnico descriptivas de los equipos y sistemas indicados.

En base al análisis de falla, se identifican aquellos puntos vulnerables donde exista mayor probabilidad de riesgo de que ocurra un evento no deseado, los cuales estarán dados principalmente por tuberías de conducción, filtros, válvulas, medidores de flujo, uniones e interconexiones, los cuales son equipos e instrumentos expuestos a fallas por rotura, por desgaste o por simple defecto de fabricación, además de que el riesgo aumenta si éstos no son conservados debidamente por la efectiva aplicación de un programa de mantenimiento y la supervisión constante de los mismos, sin descartar fallas por el factor humano, vandalismo o actividades antropogénicas.

Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio que se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con mayores repercusiones a la infraestructura de la zona y daños al medio ambiente (efecto dominó)

Una vez identificados los riesgos presentes en la operación de los circuitos que manejan sustancias peligrosas, se evalúa la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos relacionados con dichos riesgos, en base a datos históricos ocurridos en condiciones semejantes de operación, así como en base a las recomendaciones de falla del fabricante de los instrumentos de medición, control y regulación, para así determinar cuantitativamente la probabilidad de que ocurran accidentes en los componentes de la

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 28 de 44

estación, mismos que puedan afectar a la población circundante y a instalaciones industriales aledañas, principalmente.

Al definir la probabilidad de ocurrencia de accidentes de una forma analítica y objetiva, aplicando métodos cualitativa y cuantitativamente, se determina el análisis de las consecuencias y los resultados que se pueden obtener en caso de ocurrir un evento catastrófico en el almacenamiento de combustible, lo cual se realiza, empleando las metodologías específicas para obtener las consecuencias de los eventos lo más objetivo posible, tal es el caso del Análisis HAZOP y Árbol de Fallas, mismos que se describen más adelante.

Cabe mencionar que todas 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 incidentes en la operación de la terminal, se seleccionó la metodología HAZOP y así 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.

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.

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 fallas en la operación de los mismos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

Es importante resaltar que con este método se analizan las desviaciones propias que pueden presentarse con la operación de los sistemas de gas combustible y de hidrógeno, 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 Severidad, de acuerdo a lo establecido en la literatura especializada, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos, se determina el Nivel de riesgo de cada desviación analizada. Con lo anterior, una vez realizado el HAZOP se realiza la Matriz de Riesgo de acuerdo a los resultados del mismo.
3. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se identificaron y describieron las fallas de mayor riesgo con repercusiones al ambiente.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 29 de 44

4. Para el conjunto de fallas identificado, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.

5. De acuerdo a lo anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para simulación.

A manera de abstract, en el presente Análisis de Riesgos se emplearon las siguientes metodologías:

- a) HAZOP para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones del sistema de gas combustible y el de hidrógeno, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial daño a la infraestructura y medio ambiente.
- b) Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.
- c) Software SCRI, para realizar en análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.

A. HAZOP

El método HAZOP (**HAZ**ard and **OP**erability “Riesgo y Operabilidad”) o análisis de Riesgo y de Operabilidad se concentra en una metodología mediante un enfoque sistemático para identificar tanto riesgos como problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el tema principal, los problemas de operabilidad se examinan, ya que tienen el potencial de producir riesgos en los procesos, que resulten en violaciones ambientales y/o laborales o tener un impacto negativo en la productividad.

El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. Es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias que pueden ocurrir en las condiciones más adversas para el proceso, siendo así, éste sirve para identificar problemas de seguridad y mejorar la operabilidad de una instalación industrial.

Para la realización del análisis HAZOP se emplearon los siguientes Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs):

Tabla 4 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
DTI-TAD-EMP-018-A - Rev A	PLEM (Pipe Line End Manifold)
DTI-TAD-EMP-001-A	Patines de Medición (Gasolinas)
DTI-TAD-EMP-002-A	Patines de Medición (Diesel y Etanol)
DTI-TAD-EMP-003-A	Tanques de Almacenamiento de Gasolinas
DTI-TAD-EMP-004-A	Tanques de Almacenamiento de Diesel
DTI-TAD-EMP-005-A	Tanques de Almacenamiento de Etanol
DTI-TAD-EMP-006-A	Bombas de Carga (Respaldo) Gasolina Magna

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 30 de 44

ID del Plano	Título (DTI)
DTI-TAD-EMP-007-A	Bombas de Carga Gasolina Magna
DTI-TAD-EMP-008-A	Bombas de Carga Diesel
DTI-TAD-EMP-009-A	Bombas de Carga Diesel (Respaldo)
DTI-TAD-EMP-011-A	Bombas de Carga Gasolina Premium
DTI-TAD-EMP-012-A	Bombas de inyección de aditivo (Etanol)
DTI-TAD-EMP-013-A	Llenadera autotanque Magna
DTI-TAD-EMP-014-A	Llenadera autotanque/carrotanque Magna
DTI-TAD-EMP-015-A	Llenadera autotanque/carrotanque Premium
DTI-TAD-EMP-016-A	Llenadera Autotanque Diesel
DTI-TAD-EMP-017-A	Llenadera Carrotanque Diesel

Para mayor detalle, **Ver Anexo 6.** Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs).

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

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 31 de 44

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. Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.

7. Identifique las capas adicionales de protección requeridas 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.

8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.

9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.

10. 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.

A.1 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 9 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, mismos que se describen a continuación:

Tabla 5 Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	DTI
1	Patín de Medición (Gasolinas)	DTI-TAD-EMP-001-A
2	Patín de Medición (Diesel)	DTI-TAD-EMP-002-A
3	Tanques para Almacenamiento de Gasolina	DTI-TAD-EMP-003-A
4	Tanques para Almacenamiento de Diesel	DTI-TAD-EMP-004-A
5	Tanques para Almacenamiento de Etanol	DTI-TAD-EMP-005-A
6	Sistema de Bombeo a Llenadera de Diesel	DTI-TAD-EMP-007-A

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 32 de 44

7	Sistema de Bombeo a llenaderas de Gasolinas	DTI-TAD-EMP-008-A
8	Llenadera Gasolinas	DTI-TAD-EMP-015-A
9	Llenadera Diesel	DTI-TAD-EMP-016-A
10	PLEM (Pipe Line End Manifold)	DTI-TAD-EMP-018-A - Rev A

Ver en el **Anexo 7. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 6**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 7**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 8**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla 6 Consecuencias (en forma descriptiva).

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
1	<ul style="list-style-type: none"> - Primeros auxilios - Efectos menores en la salud - No requiere evacuación 	<ul style="list-style-type: none"> - Impactos insignificantes al ambiente - Emisión pequeña pero notificable. - Queja <\$20 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción menores a \$20 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto insignificante: preocupaciones individuales.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Ayuda médica o trabajo limitado - Efectos medios en la salud - Requiere unidad de evacuación 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles - Derrame mayor a 1m³ - Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total. - Notificable \$20 000 a \$200 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción entre \$20 000 y \$ 200 000 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario
3	<ul style="list-style-type: none"> - Tiempo perdido por lesiones. - Efectos significantes a la salud. - Evacuación requerida de Área 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones en el sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame contenido en el sitio. - Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible. - Incumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M 	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 33 de 44

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
		\$200 000 a \$2M		
4	<ul style="list-style-type: none"> - Lesiones permanentes o discapacidades. - Efectos a la salud mayores. - Requiere evacuación de instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada) - Incumplimiento resultante en la ejecución - \$2 000 000 a \$20 000 000 	Daños al equipo o costos de producción entre \$2 000 000 a \$20 000 000	Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación
5	<ul style="list-style-type: none"> - Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida irrevocable, sin mitigación posible. - Licencia cancelada - Pérdida permanente de uso del área. >\$20 000 000 	- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20 000 000	Cobertura periodística Nacional e Internacional

Tabla 7 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

Frecuencia		Criterios de Ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Muy Alta	F5	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
Alta	F4	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
Media	F3	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
Baja	F2	0.001	>100 a 1 000 años	Concebible; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
Remota	F1	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 34 de 44

Tabla 8 Matriz de riesgos.

SEVERIDAD DE CONSECUENCIAS	5	C	C	B	A	A
	4	D	C	B	B	A
	3	D	C	C	B	B
	2	D	D	C	C	C
	1	D	D	D	D	C
		1	2	3	4	5
		FRECUENCIA				

A continuación se describe el significado de cada nivel de Riesgo:

A. Muy Alto. Riesgo intolerable. El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Medio o de preferencia a Bajo, en un lapso de tiempo menor a 90 días.

B. Alto. Riesgo indeseable. El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse controles temporales inmediatos en sitio, para reducir el riesgo.

C. Medio. Riesgo aceptable con controles. El riesgo es significativo, pero se pueden compensar con las acciones correctivas en el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

D. Bajo. Riesgo razonablemente aceptable. El riesgo requiere control, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención conjuntamente con otras mejoras operativas.

Los riesgos no tolerables se deberán considerar para establecer los objetivos de seguridad y salud ocupacional y los requisitos de las instalaciones, maquinaria, necesidades de capacitación y los controles operacionales para el control de riesgos, así como considerar las acciones requeridas de supervisión para asegurar la efectividad y oportunidad.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 35 de 44

El proceso se dividió en 10 nodos. Los equipos de trabajo se conformaron por especialistas de las áreas de proceso, mantenimiento, y seguridad y protección ambiental.

A continuación se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP, el cual fue determinado después de considerar las salvaguardas:

Tabla 9 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1. No hay Presión	1.1				
	2. Menos Presión	2.1				
		2.2				
		2.3				
	3. Más Presión	3.1				
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
	5. Menos Flujo	5.1				
		5.2				
5.3						
7. Composición	7.1					
2	1. No hay Presión	1.1				
	2. Menos Presión	2.1				
		2.2				
		2.3				
	3. Más Presión	3.1				
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
	5. Menos Flujo	5.1				
		5.2				
5.3						
7. Composición	7.1					
3	1. Bajo Nivel	1.1				
	2. Alto Nivel	2.1				
	3. Más Temperatura	3.1				
	5. Más Presión	5.1				
	6. Menos Presión	6.1				

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.		FECHA	Enero 2018
		HOJA:	Página 36 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
4	1. Bajo Nivel	1.1				
	2. Alto Nivel	2.1				
	3. Más Temperatura	3.1				
	5. Más Presión	5.1				
	6. Menos Presión	6.1				
5	1. Bajo Nivel	1.1				
	2. Alto Nivel	2.1				
	3. Más Temperatura	3.1				
	5. Más Presión	5.1				
	6. Menos Presión	6.1				
6	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
11. Más Corrosión	11.1					
7	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
11. Más Corrosión	11.1					
8	1. Más Flujo	1.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 37 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
9	1. Más Flujo	1.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
8. Menos Temperatura	8.1					
11. Más Corrosión	11.1					
10	1. Más Flujo	1.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
		2.2				
		2.3				
		2.4				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
		3.3				
	4. Menos Presión	4.1				

De acuerdo a la tabla anterior, las desviaciones/fallas de mayor riesgo representan un nivel C, por lo que a continuación se describen cada una de las fallas de este nivel.

Tabla 10 Descripción de las fallas de mayor riesgo.

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	2. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en ducto submarino con potencial daño al medio ambiente (mar).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 38 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
	5. Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en ducto submarino con potencial daño al medio ambiente (mar).
2	2. Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en ducto submarino con potencial daño al medio ambiente (mar).
	Menos Flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible por daños al ducto submarino aguas arriba del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en ducto submarino con potencial daño al medio ambiente (mar).
3	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio y explosión con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de combustible a los autotanques/carrotanques. ▪ Pérdidas económicas.
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de combustible a los clientes. ▪ Pérdidas económicas.
	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implosión del tanque de almacenamiento.
4	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio y explosión con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de combustible a los autotanques/carrotanques. ▪ Pérdidas económicas.
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de combustible a los clientes. ▪ Pérdidas económicas.
	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implosión del tanque de almacenamiento.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 39 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
5	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de Etanol en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de Etanol a las llenaderas. ▪ Pérdidas económicas.
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de Etanol a llenaderas. ▪ Pérdidas económicas.
	Menos Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja presión interna del tanque por la extracción de Etanol. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implosión del tanque de almacenamiento.
6	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-501A/B). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de descarga. ▪ Incremento de presión en tubería de 6". ▪ Fugas de combustible por bridas de la válvula de bola.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
7	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-503A/B). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de descarga. ▪ Incremento de presión en tubería de 6". ▪ Fugas de combustible por bridas de la válvula de bola.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
8	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 4". ▪ Fugas de combustible por las bridas y uniones de accesorios.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
9	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 4". ▪ Fugas de combustible por las bridas y uniones de accesorios.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
10	No hay Flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rutura de la manguera flotante en la conexión con el buquetanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Derrame de combustible en el medio marino.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 40 de 44

Debido a que en los resultados de la anterior matriz de riesgos se obtuvieron 10 nodos en donde existen fallas de nivel C (de acuerdo a los resultados del HAZOP), a partir de dichos resultados la determinación de los escenarios de simulación se hace compleja, por lo que se decidió aplicar métodos más específicos en el proceso de jerarquización riesgos; de modo que en un primer momento se recurrió a la técnica del juicio de expertos, la cual, constó de un filtro en el que se descartaron aquellas fallas o desviaciones identificadas en el HAZOP que no repercuten significativamente en el ambiente, es decir, que no desencadenan una fuga de combustible con repercusiones de fuego, por lo que a partir de dicho filtro, se determinaron los escenarios de simulación.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se indican las desviaciones/fallas con riesgo potencial de formación de fuego:

Tabla 11 Fallas con repercusiones al ambiente (incendio y/o explosión).

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
3	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio y explosión con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de combustible a los autotanques/carrotanques. ▪ Pérdidas económicas.
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de combustible a los clientes. ▪ Pérdidas económicas.
4	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio y explosión con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de combustible a los autotanques/carrotanques. ▪ Pérdidas económicas.
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de combustible a los clientes. ▪ Pérdidas económicas.
5	Bajo Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuga de Etanol en la estructura del tanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de incendio con repercusiones en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto de Etanol a las llenaderas. ▪ Pérdidas económicas.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 41 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
	Alto Nivel	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sobrepresión en tanque de almacenamiento y ruptura del mismo. ▪ Riesgo de incendio y explosión en el tanque. ▪ Pérdidas en la infraestructura de la Terminal. ▪ Desabasto en el suministro de Etanol a llenaderas. ▪ Pérdidas económicas.
6	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-501A/B). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de descarga. ▪ Incremento de presión en tubería de 6". ▪ Fugas de combustible por bridas de la válvula de bola.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
7	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-503A/B). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de descarga. ▪ Incremento de presión en tubería de 6". ▪ Fugas de combustible por bridas de la válvula de bola.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
8	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 4". ▪ Fugas de combustible por las bridas y uniones de accesorios.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
9	Más Presión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 4". ▪ Fugas de combustible por las bridas y uniones de accesorios.
	Más Corrosión	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos.
10	No Hay Flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rotura de la manguera flotante en conexión con buquetanque. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Derrame de combustible en el medio marino.

La tabla anterior, establece las fallas de mayor riesgo con repercusiones en el ambiente que fueron determinadas con el HAZOP, por lo que, como siguiente etapa, se determinaron las probabilidades de ocurrencia de cada una de las fallas indicadas en la tabla anterior, a través de la herramienta de Árbol de Fallas, para posteriormente definir los escenarios de simulación.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 42 de 44

B. Árbol de Fallas

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir 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 apoyando 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 a evitar", 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.

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 la terminal, 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 la terminal, 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 siguiente tabla.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 43 de 44

Tabla 12 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Magnitud	Criterios de Ocurrencia		
	Cuantitativo		Cualitativo
10 ⁰	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
10 ¹	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
10 ²	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
10 ³	0.001	>100 a 1 000 años	Concebible; nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
10 ⁴	0.0001	>1 000 a 10 000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

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

The Institution of Electrical Engineers

Una vez elaborado el árbol de fallas para cada riesgo determinado, se pueden dar las asignaciones de probabilidad de ocurrencia a cada falla que participe en distintos eventos que conformen su posible desarrollo.

Tabla 13 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Nodo	Desviación	Causa	Probabilidad de falla
3	Bajo Nivel	▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque.	3.3X10 ⁻⁴
	Alto Nivel	▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento.	2.31X10 ⁻⁶
4	Bajo Nivel	▪ Fuga de combustible en la estructura del tanque.	3.3X10 ⁻⁴
	Alto Nivel	▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento.	2.31X10 ⁻⁶
5	Bajo Nivel	▪ Fuga de Etanol en la estructura del tanque.	3.3X10 ⁻⁴
	Alto Nivel	▪ Cierre de las válvulas de suministro a los demás tanques de almacenamiento.	2.31X10 ⁻⁶
6	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-501A/B).	1.48X10 ⁻⁵
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7X10 ⁻³
7	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba (P-503A/B).	1.48X10 ⁻⁵
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7X10 ⁻³
8	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición.	1.48X10 ⁻⁵
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7X10 ⁻³

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	I
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 44 de 44

Nodo	Desviación	Causa	Probabilidad de falla
9	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de salida del patín de medición.	1.48X10 ⁻⁵
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7X10 ⁻³
10	No Hay Flujo	▪ Rotura de la manguera flotante	3.17X10 ⁻⁴

Para mayor detalle, **Ver Anexo 8**. Árboles de Falla.

En base a las probabilidades de falla resultantes en la tabla anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para determinar los radios de afectación y realizar el análisis de consecuencias, lo anterior, en base al criterio de experto y experiencia del equipo evaluador. A continuación se indican los escenarios de riesgo:

Tabla 14 Descripción de escenarios.

No.	Descripción de escenario
1	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Gasolina (TV-003) con capacidad para 100 000 Bls.
2	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Diesel (TV-001) con capacidad para 100 000 Bls.
3	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Etanol (TV-007) con capacidad para 25 000 Bls.
4	Charco de fuego en el área de bombas para envío de Gasolina de tanques de almacenamiento a llenaderas.
5	Charco de fuego en el área de bombas para envío de Diesel de tanques de almacenamiento a llenaderas.
6	Charco de Fuego en el área donde se encuentra el patín de medición de Gasolinas en el área de llenaderas.
7	Charco de Fuego en el área donde se encuentra el patín de medición de llenaderas de Diesel.
8	Derrame de diésel por 100% de ruptura en manguera flotante de buquetanque a monoboja.
9	Derrame de Gasolina por 100% de ruptura en manguera flotante de buquetanque a monoboja.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EL EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Octubre 2017
	HOJA:	Página 1 de 57

Índice

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES	1
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	3
II.1.1 DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS	8
II.1.2 REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO.....	24
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	30
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	50

Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.	6
Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión	7
Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).	50
Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).	51
Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).	536
Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (2 de 2).	54

Índice de Figuras

Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1	24
Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2	25
Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3	26
Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4	27
Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5	28
Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6	29
Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7	30
Figura 8. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a una hora de ocurrido el evento.....	31
Figura 9. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a doce horas de ocurrido el evento.	32
Figura 10. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a 21 horas de ocurrido el evento.	32
Figura 11. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a un día con dos horas de ocurrido el evento.	33
Figura 12. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a una hora de ocurrido el evento.	34
Figura 13. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a un día de ocurrido el evento.	34
Figura 14. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a un día con 21 horas de ocurrido el evento. ...	35

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 2 de 57

Figura 15. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a dos días con una hora de ocurrido el evento.35

Figura 16. Tipos de vegetación existentes en los radios de afectación del proyecto.56

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 3 de 57

II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

II.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación.

Por la naturaleza de las actividades que realiza la empresa, se tienen riesgos potenciales en todas las secciones y componentes que constituyen las áreas de almacenamiento y despachadoras de combustible.

En la Terminal existen una serie de uniones, accesorios y equipos de control que pueden llegar a fallar bajo determinadas circunstancias ya que pueden presentar fallas en la interfaz de comunicación de los dispositivos de seguridad o en los sensores de control.

Una fuga procedente de los tanques de almacenamiento o tuberías de conducción de combustible, deriva en la acumulación de éste en el suelo del área, y la confinación de los vapores inflamables, aumentando el riesgo de desencadenar una explosión no confinada o un charco de fuego si se llega a entrar en contacto con una fuente de ignición.

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI fuego Versión 1.4, 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.

Modelación de Pool Fire (Charco de Fuego).

Los fuegos en derrames tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos dominó y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales fuegos son debido a la radiación térmica de la fuente de la flama. Los temas de espaciamiento entre tanques y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

El drenaje es una consideración importante en la prevención de fuegos en derrames, si el material es drenado a una localización segura, un fuego en derrame no es posible.

Las consideraciones importantes son:

1. El líquido debe ser drenado a un área segura,
2. El líquido debe ser cubierto para prevenir la vaporización,
3. El área de drenaje debe estar suficientemente lejos de fuentes de fuego de radiación térmica,
4. Se debe suministrar protección adecuada contra fuego,

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 4 de 57

5. Se debe considerar la contención y drenaje del agua contra el fuego,

6. Se debe proporcionar detección de fugas.

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los tres escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego (Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales) en la versión 1.4, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

Si partimos de la premisa que una explosión se caracteriza por la liberación repentina de energía que produce un área momentánea de alta presión en el medio ambiente, entonces la emisión de energía y la disipación de la energía hacia el medio ambiente debe ocurrir muy rápido a fin de que el evento sea clasificado como explosión.

El efecto de una explosión se debe a la disipación de la energía liberada y una gran parte de la energía liberada se transforma en un incremento de presión en la atmósfera (sobrepresión explosiva).

Modelación de incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9,5 kW/m² y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m² de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

El modelo asume que la velocidad del viento es insuficiente, como para mantener un área circular de fuego y que las personas expuestas no están protegidas completamente contra los efectos de la radiación térmica por el uso de cualquier ropa.

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

Para poder definir los límites con los que se establecen los escenarios y las zonas de seguridad en el entorno de los mismos, se utilizan los criterios dados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades riesgosas del Instituto Nacional de Ecología.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 5 de 57

Para el caso de la radiación térmica y las sobrepresiones se cuenta con los siguientes valores definidos por el Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT.

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de medio riesgo: 3 kW/m², (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1,4 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobre presión).

- Zona de alto riesgo: 3,0 lb/plg² (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de medio riesgo: 1,0 lb/plg² (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0,5 lb/plg² (Libras por pulgada cuadrada).

Una evaluación del riesgo sólo queda completa si se conocen las consecuencias de un accidente por muy eventual que sea. Por este motivo, la última etapa de una evaluación de riesgo consiste en analizar las consecuencias de un accidente potencial importante en la Terminal de Fluidos y su efecto en las inmediaciones de la instalación y en el medio ambiente.

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias 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.

En la práctica, el análisis de consecuencias atiende los siguientes factores:

- Término de la fuente,
- Dispersión,
- Efecto.

Factores de mitigación.

Término de la fuente. Es la evaluación de las características de la liberación peligrosa inicial, y es la base sobre la cual se construye el resto de la secuencia del análisis.

Dispersión. Los modelos de dispersión se aplican a escenarios de liberaciones al aire y se clasifican en términos de la diferencia en densidad entre el material liberado y la atmósfera.

Fuego y explosión. Se hace énfasis en peligros provenientes de liberaciones que causan radiación térmica e impactos de presión para poder estimar los efectos de éstos en personas y materiales.

Factores de mitigación. Estos modelos analizan datos para sistemas de aislamiento, barreras, procedimientos de evacuación y acciones evasivas durante accidentes.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 6 de 57

Los efectos de los incendios sobre las personas son quemaduras de piel por exposición a las radiaciones térmicas. La gravedad de las quemaduras depende de la intensidad del calor y del tiempo de exposición.

La radiación térmica es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente. En general, la piel resiste una energía térmica de 10 kW/m² durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m² durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

Para evaluar los efectos en un incendio, se tomarán como base los datos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.

Intensidad de Radiación (kW/m ²)	Daño producido por radiación térmica
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de procedimiento.
25	Energía mínima requerida para prender la madera por exposición prolongada (no piloteada).
12.5	Energía mínima requerida para la ignición piloteada de madera, fundición de tubería de plástico.
9.5	El umbral del dolor se alcanza después de 8 segundos; quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
4	Suficiente para causar dolor al personal si éste no puede protegerse en 20 segundos, sin embargo, es factible la formación de ampollas en la piel (quemaduras de segundo grado), 0 fatalidad.
1.39	No causará incomodidad durante la exposición prolongada.

Formación de ondas de sobrepresión.

Para eventos de explosión, las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento se evaluaron considerando los siguientes valores de sobrepresión:

- ✓ Sobrepresión **1 lb/in² (0.07 kg/cm²)**, la cual es definida por SEMARNAT como **Zona de Alto Riesgo**, y la literatura indica que puede causar destrucción parcial de casas y daños reparables a edificios, provocando el 1% de ruptura de tímpanos y el 1% de heridas serias por proyectiles que existirán por la demolición de casas, las cuales se vuelven inhabitables,
- ✓ Sobrepresión **0.5 lb/in² (0.035 kg/cm²)**, la cual es definida por SEMARNAT como **Zona de Amortiguamiento**, y la literatura indica que se tendrán rupturas del 10% en ventanas grandes de vidrio y pequeñas normalmente estrelladas con algún daño a algunos techos con una probabilidad de 95% de que no ocurren daños serios.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 7 de 57

Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
0.03	Ruptura ocasional de ventanas de vidrio grandes que estén bajo tensión.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas que se encuentran bajo tensión.
0.15	Presión típica de ruptura del vidrio.
0.3	“Distancia segura” (probabilidad de 0.95 que no ocurran daños serios a partir de este valor): límite de proyectiles; daños a techos de casas; ruptura del 10% de ventanas con vidrios.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
1 – 2	Destrucción de asbesto corrugado; en las divisiones de acero corrugado aluminio, los tornillos fallan y después se tuercen; los tornillos de paneles de madera fallan; los paneles son destruidos.
1.3	El armazón de acero de edificios revestimientos se deforma.
2	Colapso parcial de techos y paredes.
2 – 3	Cuarreadora de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% de destrucción de la mampostería en casas.
3 – 4	Demolición de edificios son armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb) en edificios son ligeramente dañadas.
5 – 7	Destrucción casi completa de casas.
7 – 8	Paneles de ladrillo de 8 -12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.
9	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
10	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y fuerte daño a maquinaria pesada (7 000 lb), la maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive.
300	Formación de cráter.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 8 de 57

II.1.1 DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS

Escenario No. 1.			
Descripción:	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Gasolina (TV-003) con capacidad para 100 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	TV-003	Temperatura ambiente:	23.8°C ¹
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	8.34 m/s ²
Presión en el punto de fuga:	28.24 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual) ¹
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24% ²

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.287 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 28.24 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 18.3 m, por y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 15 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 67.21 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	183.19 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	505.27 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	339.97 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	858.87 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

¹ Valor tomado de la Estación Meteorológica No. 26204 Empalme de la CONAGUA.

² Valor tomado de la Estación El Norteño (municipio de Empalme, Son.) del INIFAP.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 9 de 57

Cálculo de la presión hidrostática del combustible en el punto de fuga:

Para el cálculo de la presión hidrostática se empleó la siguiente formula:

$$P_{hid} = \rho g h + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	14
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (680)(9.81)(14) + 101\ 325 = 194\ 716.2 \text{ Pa (28.24 psi)}$$

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	194 716.12
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(194716.12)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 195.54 \frac{kg}{s} \text{ ó } 0.287 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 10 de 57

Escenario No. 2.

Descripción:	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Diesel (TV-001) con capacidad para 100 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	TV-001	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Presión en el punto de fuga:	31.43 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.272 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 31.43 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 18.3 m, por y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 15 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 91.17 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	189.10 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	516.10 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	350.37 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	877.14 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 11 de 57

Cálculo de la presión hidrostática del combustible en el punto de fuga:

Para el cálculo de la presión hidrostática se empleó la siguiente formula:

$$P_{hid} = \rho g h + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	14
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (840)(9.81)(14) + 101\ 325 = 216\ 690.6 \text{ Pa (31.43 psi)}$$

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	216 690.6
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(216690.6)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 229.27 \frac{kg}{s} \text{ ó } 0.272 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 12 de 57

Escenario No. 3.

Descripción:	Charco de Fuego por derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Etanol (TV-007) con capacidad para 25 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	TV-007	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Presión en el punto de fuga:	31.43 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.261 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 27.04 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.63 m, por y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 131.95 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	148.87 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	436.88 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	275.75 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	742.63 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 13 de 57

Cálculo de la presión hidrostática del combustible en el punto de fuga:

Para el cálculo de la presión hidrostática se empleó la siguiente formula:

$$P_{hid} = \rho g h + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	789
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (789)(9.81)(11) + 101\ 325 = 186\ 465.99 \text{ Pa (27.04 psi)}$$

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	186 465.99
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	789

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(186465.99)(789) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 206.12 \frac{kg}{s} \text{ ó } 0.261 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 14 de 57

Escenario No. 4.			
Descripción:	Charco de fuego en el área de bombas para envío de Gasolina de tanques de almacenamiento a llenaderas, debido a la sobrepresión (aumento del 100% de la presión normal) de la tubería, aunado a la presencia de corrosión en la misma.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Cobertizo de bombas	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión normal:	71.12 psi	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Aumento de presión:	142.24 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.645 m³/s (ver cálculo en siguiente hoja).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las paredes metálicas de la tubería de descarga de la bomba, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión normal de operación es de 71.12 psi.
- El diámetro máximo del derrame es de 100.76. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	270.57 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	661.50 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	501.23 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	1 124.45 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 15 de 57

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	980 665
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(980665)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 438.8 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.645 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 16 de 57

Escenario No. 5.			
Descripción:	Charco de fuego en el área de bombas para envío de Diesel de tanques de almacenamiento a llenaderas, debido a la sobrepresión (aumento del 100% de la presión normal) de la tubería, aunado a la presencia de corrosión en la misma.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Cobertizo de bombas	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión normal:	71.12 psi	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Aumento de presión:	142.24 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.58 m³/s (ver cálculo en siguiente hoja).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las paredes metálicas de la tubería de salida del patín de medición, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión normal de operación es de 71.12 psi.
- El diámetro máximo del derrame es de 117.13 (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	272.21 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	663.66 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	503.67 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	1 128.11 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 17 de 57

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	980 665
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(980665)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 487.75 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.58 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 18 de 57

Escenario No. 6.			
Descripción:	Charco de Fuego en el patín de medición de Gasolinas del área de llenaderas, debido a la sobrepresión (aumento del 100% de la presión normal) de la tubería, aunado a la presencia de corrosión en la misma.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Área de llenaderas	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión normal:	42.67 psi	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Aumento de presión:	85.34 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.499 m³/s (ver cálculo en siguiente hoja).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las paredes metálicas de la tubería de salida del patín de medición, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión normal de operación es de 42.67 psi.
- El diámetro máximo del derrame es de 88.6 calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	239.13 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	607.54 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	443.21 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	1 032.71 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 19 de 57

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	588 399
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(588399)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 339.93 \text{ ó } 0.499 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 20 de 57

Escenario No. 7.			
Descripción:	Charco de Fuego donde en el patín de medición de Diesel en el área de llenaderas, debido a la sobrepresión (aumento del 100% de la presión normal) de la tubería, aunado a la presencia de corrosión en la misma.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Área de llenaderas	Temperatura ambiente:	23.8°C
Presión normal:	42.67 psi	Velocidad del viento:	8.34 m/s
Aumento de presión:	85.34 psi	Precipitación:	218.6 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	7 msnm
		Humedad relativa:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.449 m³/s (ver cálculo en siguiente hoja).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las paredes metálicas de la tubería de descarga de la bomba, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 1 pulgada de diámetro.
- La presión normal de operación es de 42.67 psi.
- El diámetro máximo del derrame es de 88.6 calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	240.68 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	609.49 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	445.52 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	1 036.04 m

En el **Anexo 9**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 21 de 57

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

De acuerdo a la literatura "*Risk Management Program Guidance For Offsite Consequence Analysis*" (U.S. EPA publication EPA-550-B-99-009, April 1999.), la fórmula aplicable para el cálculo de la tasa de emisión, es la siguiente:

$$\dot{m} = A_h \sqrt{\gamma P_0 \rho \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

Dónde:

	Valores
\dot{m} = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Diámetro de la fuga (m)	0.0254
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	588 399
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.0254 \sqrt{(1.31)(588399)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\frac{1.31+1}{1.31-1}}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 377.81 \text{ ó } 0.449 \frac{m^3}{s}$$

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 22 de 57

Escenario No. 8.			
Descripción:	Fuga de Diésel en manguera flotante		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Línea Marítima de 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:	71.24%

Consideraciones para simulaciones:

- Solo se calcula la tasa de emisión de combustible ruptura de 100% de la manguera.
- 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 13

Se realizaron las simulaciones de los derrames incidentales de combustible Diésel. Para cada tipo de combustible se estableció un escenario con las características probables durante una contingencia. Cada escenario se simuló en dos temporadas climáticas representativas de la hidrodinámica dominante en el sitio de estudio (verano e invierno).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 23 de 57

Escenario No. 9.			
Descripción:	Fuga de Gasolina magna en manguera flotante		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Línea Marítima de 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)
Flujo constante	2566 m ³ /h	Altitud:	0 msnm
Diámetro considerado para simulación:	100% ruptura de la manguera	Humedad relativa:	71.24%

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 (ver cálculo en siguiente hoja).
- 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 13

Se realizaron las simulaciones de los derrames incidentales de combustible Diésel. Para cada tipo de combustible se estableció un escenario con las características probables durante una contingencia. Cada escenario se simuló en dos temporadas climáticas representativas de la hidrodinámica dominante en el sitio de estudio (verano e invierno).

II.1.2 REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO

Los radios de afectación se indican a continuación:

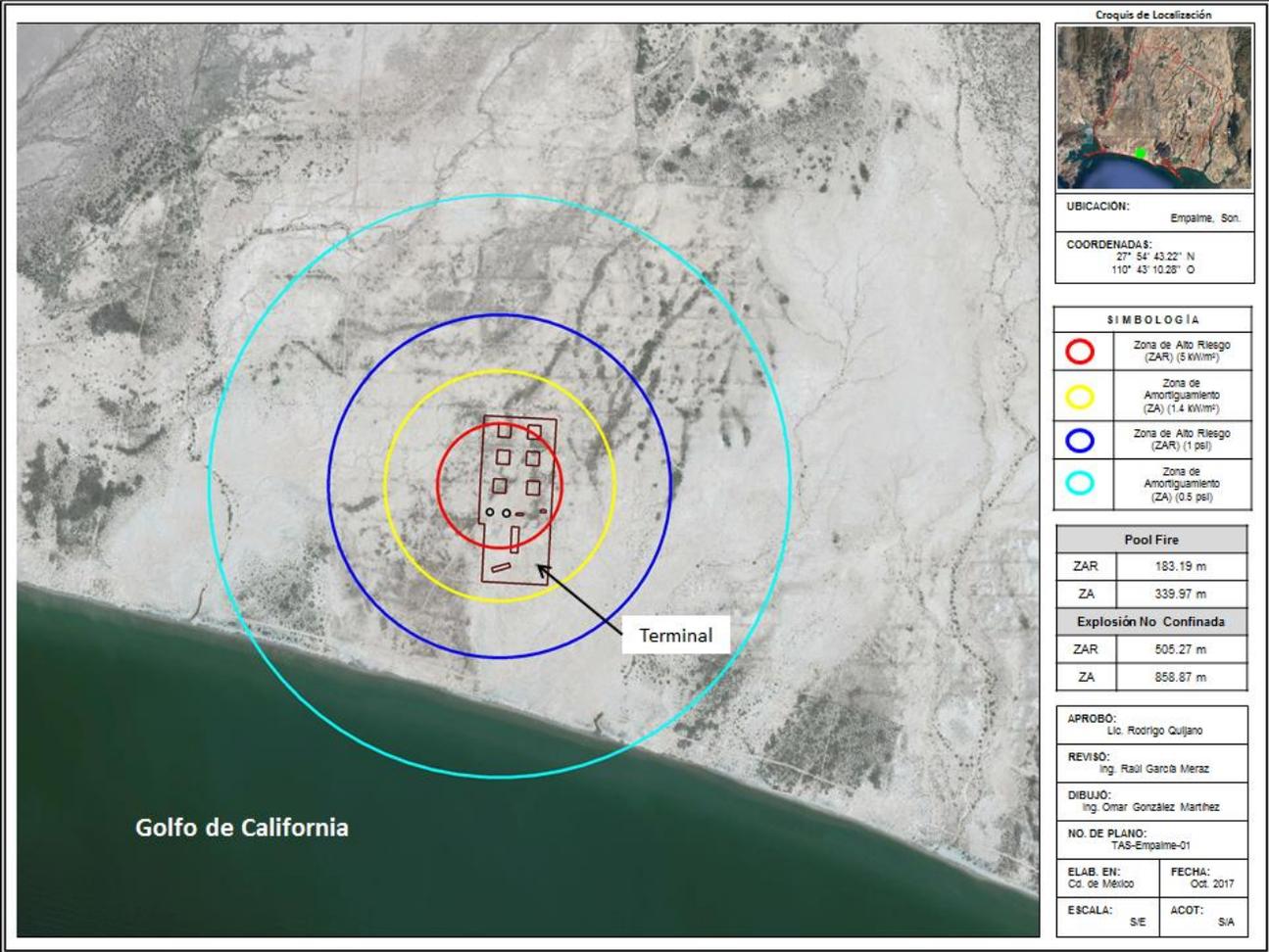


Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos
TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 25 de 57

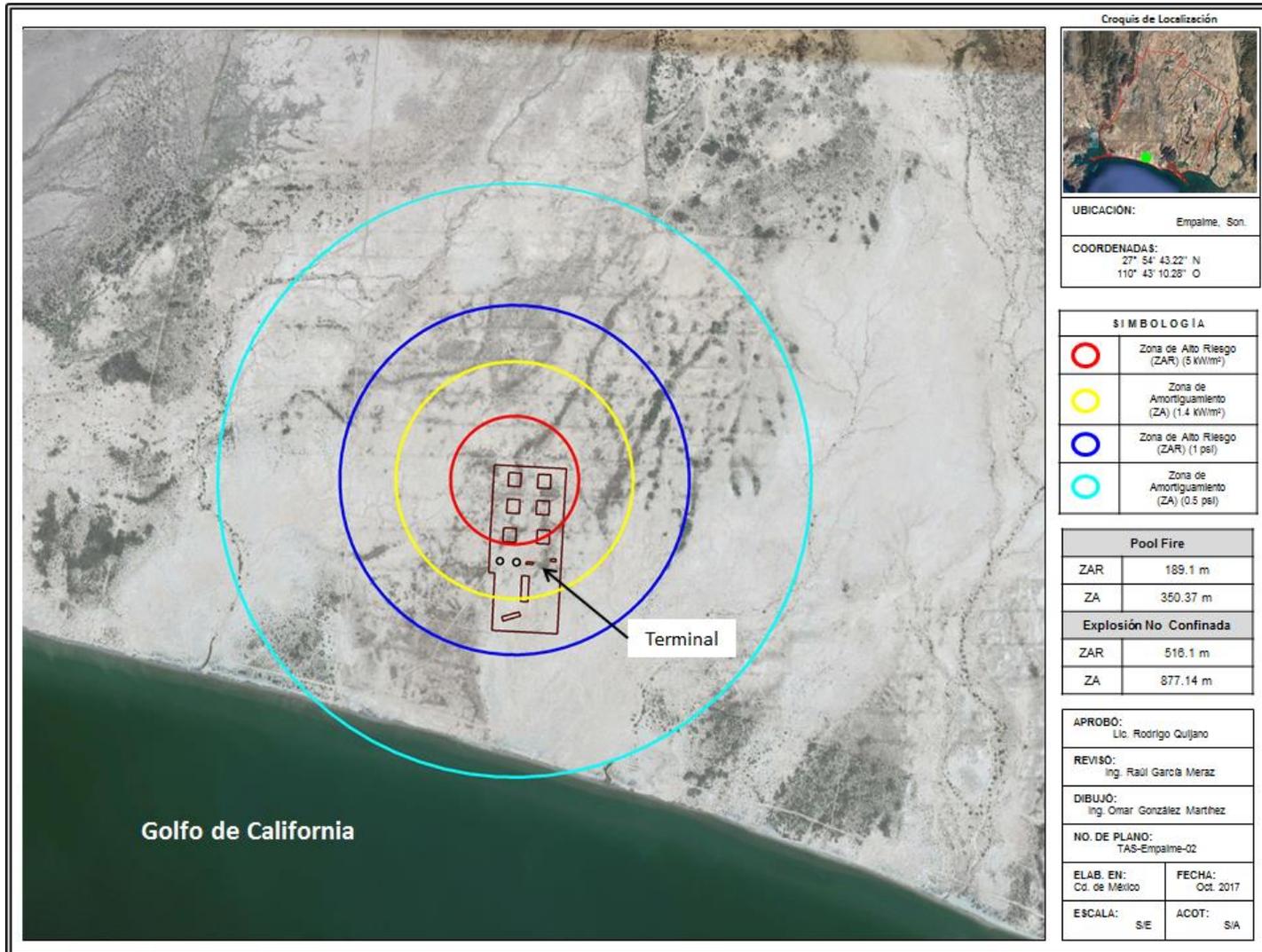


Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos

TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 26 de 57

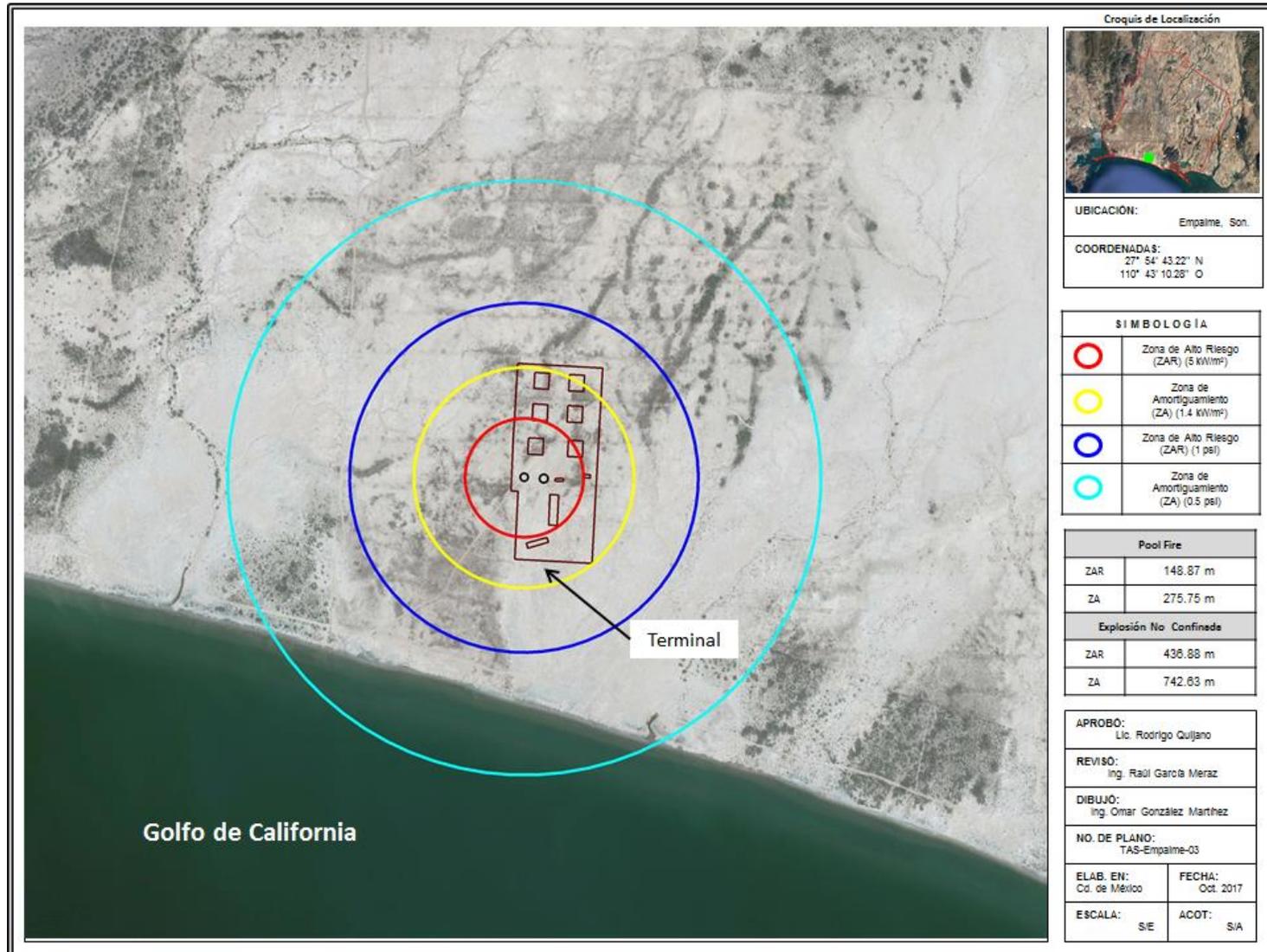


Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos
TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 27 de 57

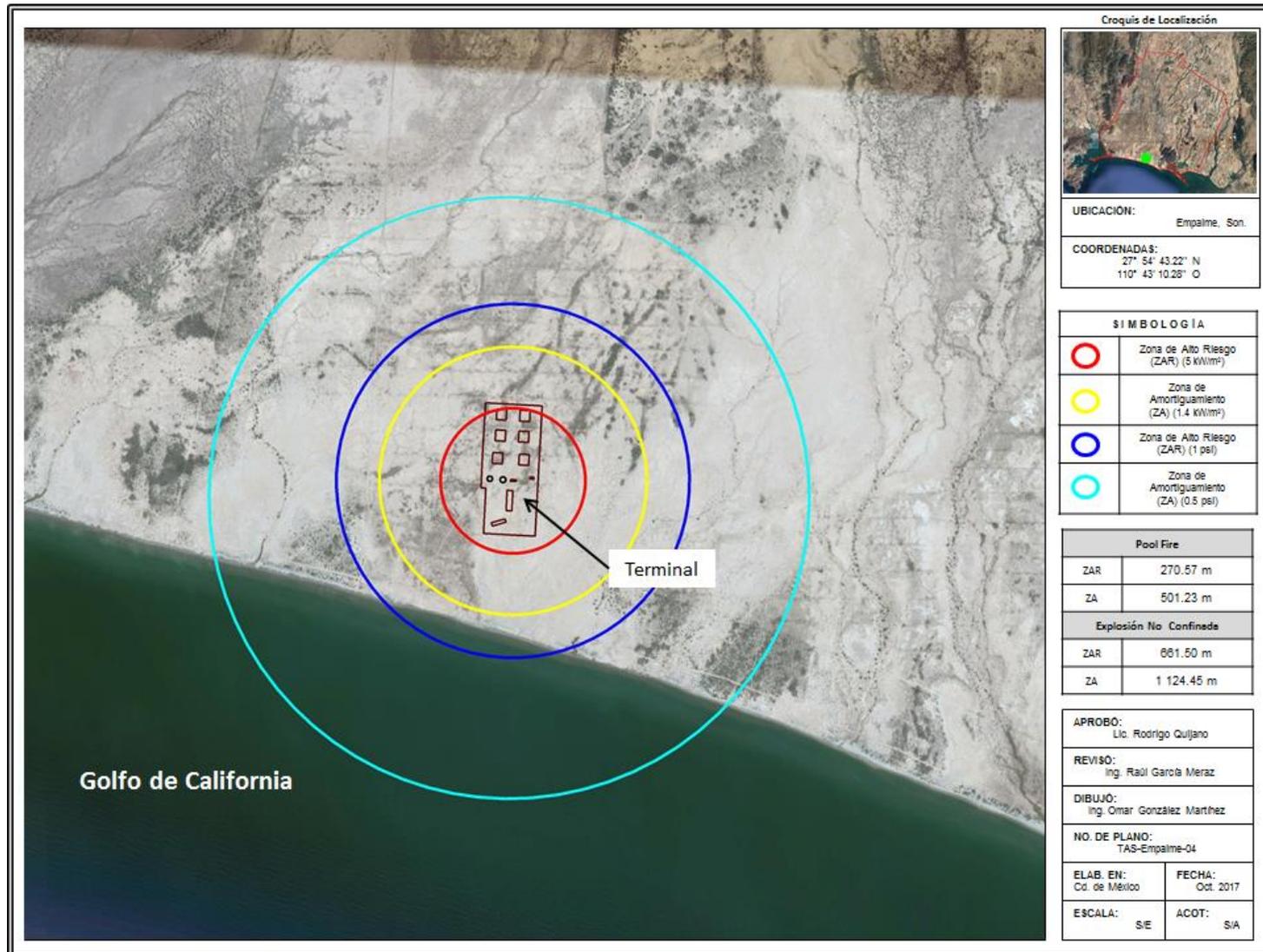


Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos

TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 28 de 57

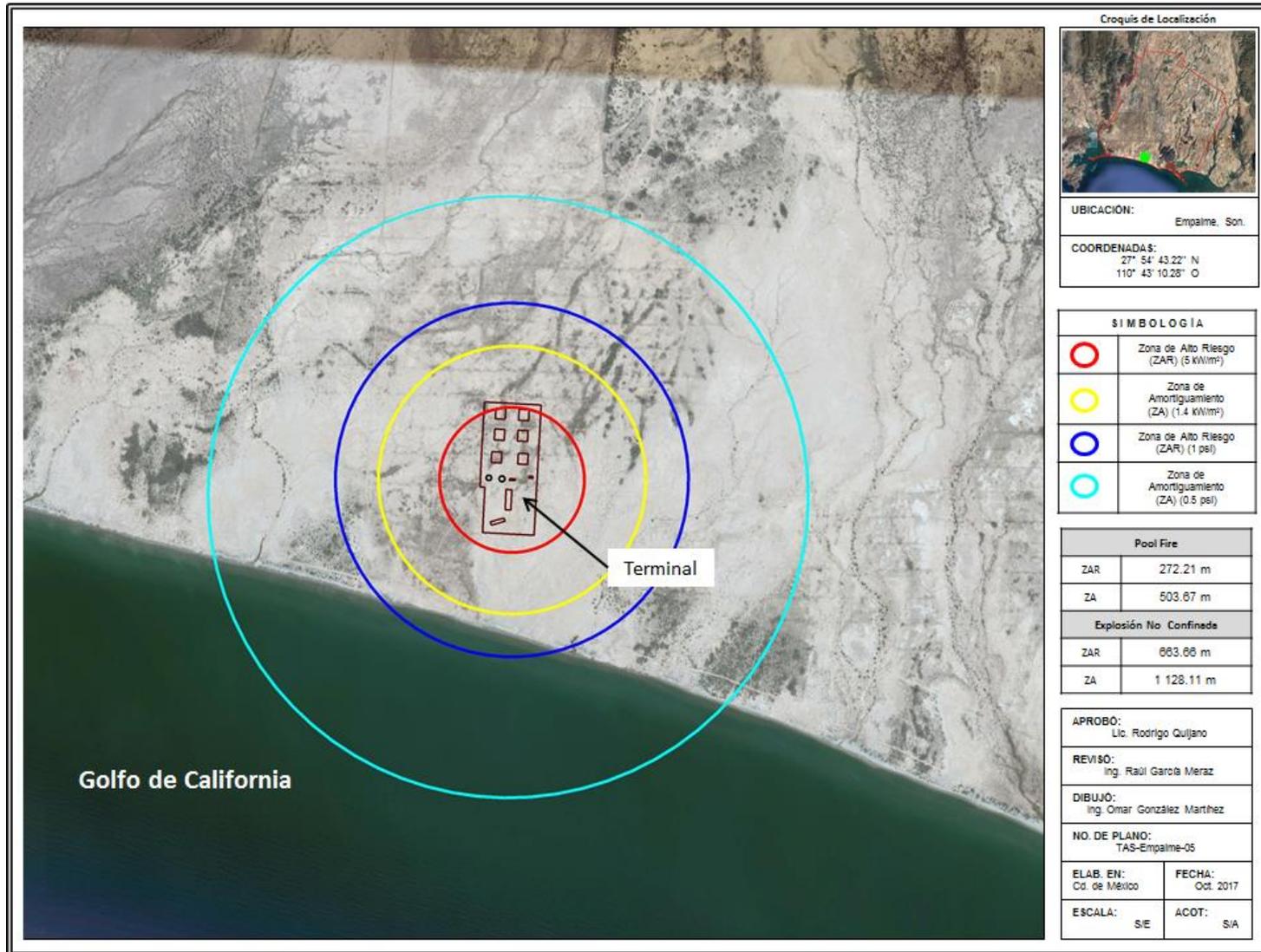


Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos
TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 29 de 57

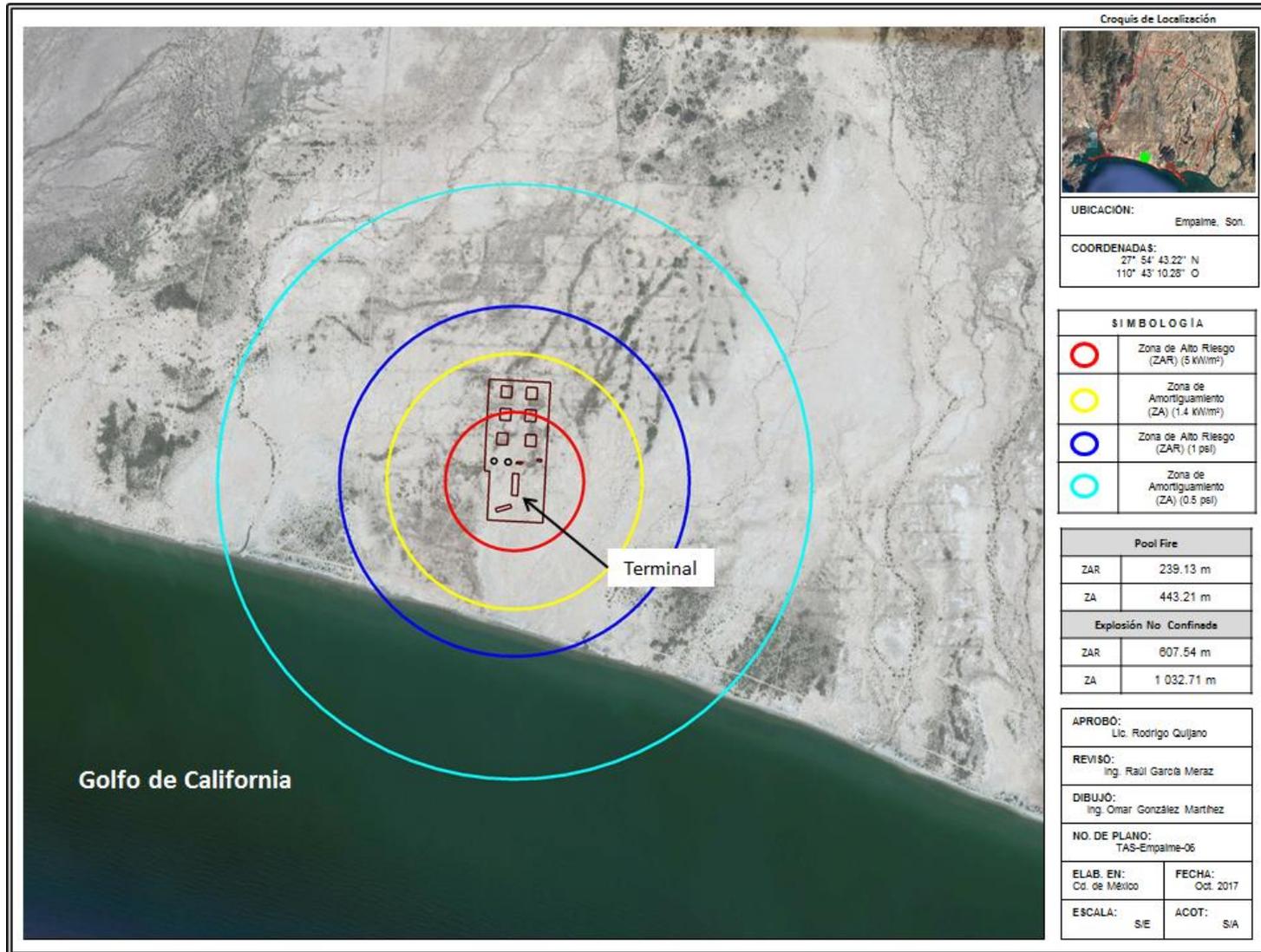


Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.

ESTUDIO DE RIESGO
Modalidad Análisis de Riesgos
TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME
Empalme, Son.

CAPITULO	II
FECHA	Octubre 2017
HOJA:	Página 30 de 57

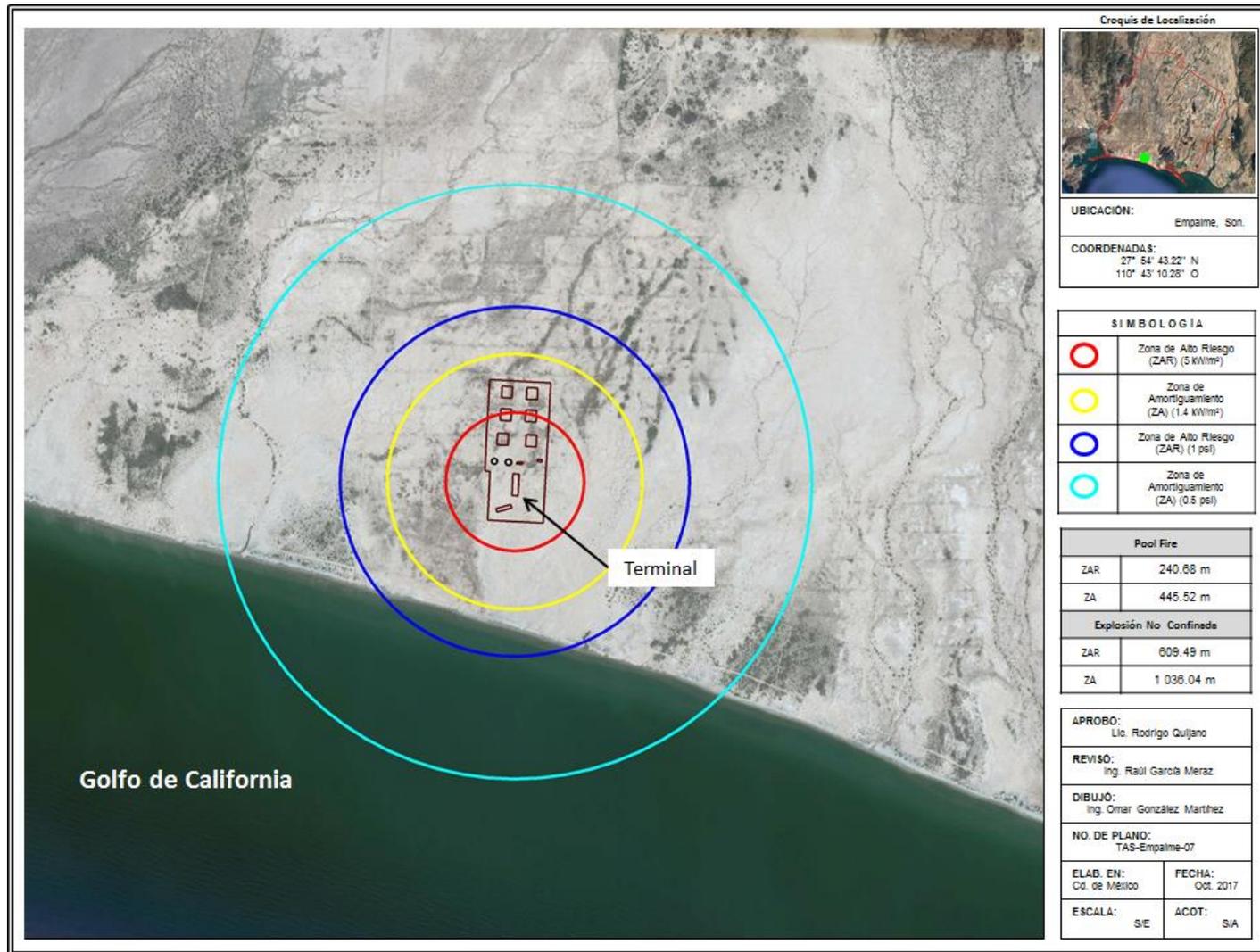


Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7.

Para mayor detalle, Ver Anexo 10.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Octubre 2017
	HOJA:	Página 31 de 57

Escenario 8

Para el escenario 8 se simuló derrame de diésel por ruptura de 100% en la manguera flotante que va del buquetanque a la monoboia.

En las simulaciones correspondientes al derrame incidental de diésel, 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 8. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a una hora de ocurrido el evento.

Transcurridas 12 horas la mancha de diésel se dispersó y siguió una trayectoria con dirección noroeste, hacia la costa de Empalme (Ver siguiente figura).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 32 de 57



Figura 9. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a doce horas de ocurrido el evento.

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).



Figura 10. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a 21 horas de ocurrido el evento.

Para esta temporada el combustible se depositó en la costa después de un día de ocurrido el incidente.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 33 de 57



Figura 11. Derrame incidental de Diésel escenario de verano, a un día con dos horas de ocurrido el evento.

Escenario 9

Para el escenario 9 se simuló derrame de gasolina por ruptura de 100% en la manguera flotante que va del buquetanque a la monoboya.

En las simulaciones, correspondientes a la temporada de invierno para el derrame incidental de gasolina, mostraron que en el instante del incidente, la mancha de combustible comenzó a desplazarse hacia el este, presentando poca dispersión (Ver siguiente figura).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 34 de 57



Figura 12. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a una hora de ocurrido el evento.

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).

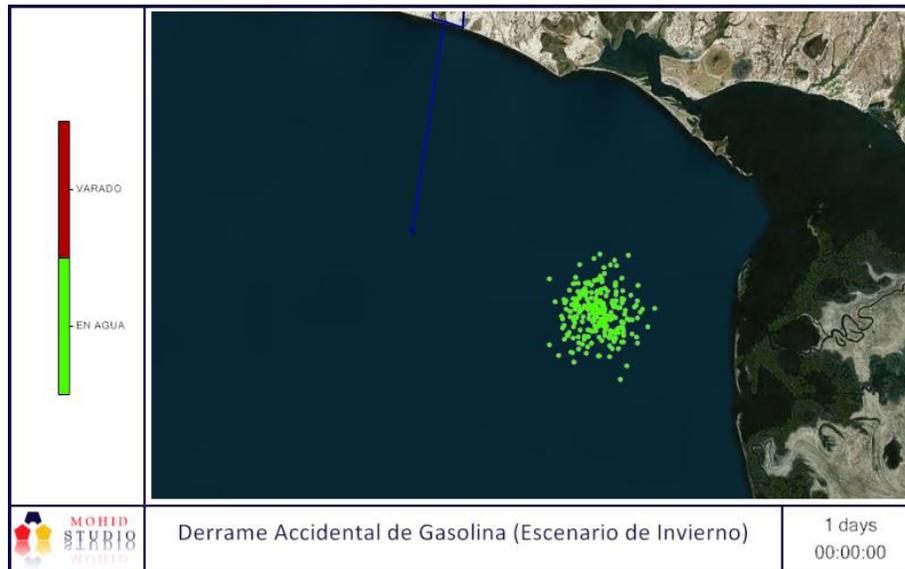


Figura 13. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a un día de ocurrido el evento.

A dos días aproximadamente posteriores al derrame incidental la mancha de gasolina llego a la costa que se localiza al sur de la Bahía de Guásimas donde comenzo a depositarse (siguiente figura).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 35 de 57

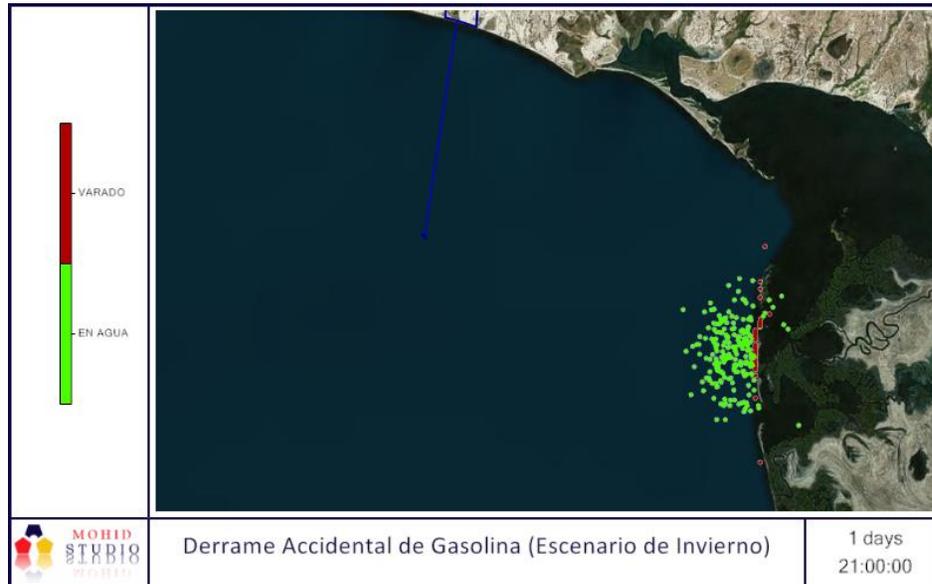


Figura 14. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a un día con 21 horas de ocurrido el evento.

Finalmente, en el transcurso 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 Guásimas, ingresando incluso a las lagunas que se localizan en esta región.



Figura 15. Derrame incidental de gasolina escenario de invierno, a dos días con una hora de ocurrido el evento.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 36 de 57

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

Dentro del área de influencia de la Terminal de Fluidos Empalme, actualmente no existen instalaciones ajenas a la misma que por sus características, puedan ser susceptibles de afectación en caso de presentarse una situación de riesgo de las características planteadas en los escenarios propuestos, sin embargo se debe hacer un análisis de interacciones, y con base en ello, implementar las medidas preventivas y acciones a correctivas a seguir para minimizar la probabilidad de presencia de un evento indeseable.

Cabe mencionar que, la Terminal se localizará en el municipio de Empalme, Son., en un área totalmente desprovista de infraestructura urbana e industrial.

A continuación se indica el análisis de interacciones correspondiente a cada uno de los escenarios planteados en el presente Estudio de Riesgo:

ESCENARIO 1.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 227.14 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 183.19 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 70 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 70 m se localizan además un tanque para almacenamiento de Gasolina Magna y dos más para almacenamiento de Etanol, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 70 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 183.19 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 70 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 70 m y hasta una distancia de 100 m solo se esperan quemaduras de primer

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 37 de 57

grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 100 m y hasta el límite de la ZAR que es de 183.19 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 183.19 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 339.97 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

De acuerdo a los datos históricos de la zona del proyecto, se constató que la velocidad del viento es en promedio de 6 a 9 m/s³ predominando su trayectoria en dirección Sur – Sureste, por lo que de acuerdo a la localización de la Terminal de Fluidos, en caso de generarse un incendio la propagación del fuego será hacia el sur de la instalación, donde se localizarán las áreas de oficinas y llenaderas de autotanques, y fuera de los límites de la instalación, se tendrá incidencia con vegetación de dunas costeras en el litoral del municipio de Empalme con el Golfo de California. En esta dirección, no existen asentamientos humanos importantes que puedan ser afectados por los niveles de radiación generados, y de acuerdo a la magnitud de los radios de afectación, solo se afectarán los componentes bióticos existentes fuera de la instalación como flora, principalmente, misma que, por sus características físicas, puede ser elemento suficiente para generar un incendio forestal. Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el evento en mención, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de combustible) dentro del dique de contención con volumen mínimo de 38 160 m³, lo cual inmediatamente incrementará el siniestro generado y por ende la magnitud de los niveles de radiación generados inicialmente, dando como resultado un radio de hasta 797 m para la zona de amortiguamiento.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 183.19 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 340 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi

³ Valor tomado de la Estación El Norteño (municipio de Empalme, Son.) del INIFAP.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 38 de 57

en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 505.27 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 20 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 20 m y hasta los 505.27 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 505.27 m hasta 0.5 psi a una distancia de 858.87 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el Pool Fire descrito, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de combustible) dentro del dique de contención con volumen mínimo de 38 160 m³, lo cual inmediatamente se evaporará y formará una neblina explosiva que al entrar en contacto con una fuente de ignición causará una explosión no confinada, de mayores dimensiones a la descrita, por lo que, considerando solo el 10% de la energía liberada en el derrame dentro del dique de 38 160 m³ y un tiempo de concentración de dos minutos, el radio de afectación para la zona de amortiguamiento por sobrepresión abarcará un total de 3 745 m.

ESCENARIO 2.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 275.69 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 189.1 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 70 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 70 m se localizan además un

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 39 de 57

tanque para almacenamiento de Diesel y otro más de Gasolina Magna, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 70 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 189.1 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 70 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 70 m y hasta una distancia de 100 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 100 m y hasta el límite de la ZAR que es de 189.1 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 189.1 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 350.37 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 189.1 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 350 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

De acuerdo a los datos históricos de la zona del proyecto, se constató que la velocidad del viento es en promedio de 6 a 9 m/s⁴ predominando su trayectoria en dirección Sur – Sureste, por lo que de acuerdo a la localización de la Terminal de Fluidos, en caso de generarse un incendio la propagación del fuego será hacia el sur de la instalación, donde se localizarán las áreas de oficinas y llenaderas de autotanques, y fuera de los límites de la instalación, se tendrá incidencia con vegetación de dunas costeras en el litoral del municipio de Empalme con el Golfo de California. En esta dirección, no existen asentamientos humanos importantes que puedan ser afectados por los niveles de radiación

⁴ Valor tomado de la Estación El Norteño (municipio de Empalme, Son.) del INIFAP.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 40 de 57

generados, y de acuerdo a la magnitud de los radios de afectación, solo se afectarán los componentes bióticos existentes fuera de la instalación como flora, principalmente, misma que, por sus características físicas, puede ser elemento suficiente para generar un incendio forestal. Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el evento en mención, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de combustible) dentro del dique de contención con volumen mínimo de 38 160 m³, lo cual inmediatamente incrementará el siniestro generado y por ende la magnitud de los niveles de radiación generados inicialmente, dando como resultado un radio de hasta 613 m para la zona de amortiguamiento.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 516.01 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 25 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 25 m y hasta los 516.01 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 516.01 m hasta 0.5 psi a una distancia de 877.14 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el Pool Fire descrito, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de combustible) dentro del dique de contención con volumen mínimo de 38 160 m³, lo cual inmediatamente se evaporará y formará una neblina explosiva que al entrar en contacto con una fuente de ignición causará una explosión no confinada, de mayores dimensiones a la descrita, por lo

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 41 de 57

que, considerando solo el 10% de la energía liberada en el derrame dentro del dique de 38 160 m³ y un tiempo de concentración de dos minutos, el radio de afectación para la zona de amortiguamiento por sobrepresión abarcará un total de 3 892 m.

ESCENARIO 3.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 285.3 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 148.87 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 50 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 40 m se localiza además un segundo tanque para almacenamiento de Etanol, el cual sufrirá los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 40 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 148.87m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 40 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 40 m y hasta una distancia de 100 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 100 m y hasta el límite de la ZAR que es de 148.87 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 148.87 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 275.75; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 148.87 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 42 de 57

de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 275 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m^2 , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

De acuerdo a los datos históricos de la zona del proyecto, se constató que la velocidad del viento es en promedio de 6 a 9 m/s^5 predominando su trayectoria en dirección Sur – Sureste, por lo que de acuerdo a la localización de la Terminal de Fluidos, en caso de generarse un incendio la propagación del fuego será hacia el sur de la instalación, donde se localizarán las áreas de oficinas y llenaderas de autotanques, y fuera de los límites de la instalación, se tendrá incidencia con vegetación de dunas costeras en el litoral del municipio de Empalme con el Golfo de California. En esta dirección, no existen asentamientos humanos importantes que puedan ser afectados por los niveles de radiación generados, y de acuerdo a la magnitud de los radios de afectación, solo se afectarán los componentes bióticos existentes fuera de la instalación como flora, principalmente, misma que, por sus características físicas, puede ser elemento suficiente para generar un incendio forestal. Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el evento en mención, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de etanol) dentro del dique de contención con volumen mínimo de $38\ 160 \text{ m}^3$, lo cual inmediatamente incrementará el siniestro generado y por ende la magnitud de los niveles de radiación generados inicialmente, dando como resultado un radio de hasta 124 m para la zona de amortiguamiento.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 516.01 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 25 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 25 m y hasta los 516.01 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por

⁵ Valor tomado de la Estación El Norteño (municipio de Empalme, Son.) del INIFAP.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 43 de 57

rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 516.01 m hasta 0.5 psi a una distancia de 877.14 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

Aunado a lo anterior, y de acuerdo a los niveles de radiación que generará el Pool Fire descrito, existe el riesgo de que se presente un efecto dominó en las instalaciones de la Terminal, ya que tomando como ejemplo la existencia de un segundo tanque de almacenamiento aledaño al evento de fuga principal, se corre el riesgo de que el acero estructural de las paredes del tanque pierda su integridad mecánica, por lo que se causará el derrame de la totalidad del combustible almacenado (180 000 barriles de combustible) dentro del dique de contención con volumen mínimo de 38 160 m³, lo cual inmediatamente se evaporará y formará una neblina explosiva que al entrar en contacto con una fuente de ignición causará una explosión no confinada, de mayores dimensiones a la descrita, por lo que, considerando solo el 10% de la energía liberada en el derrame dentro del dique de 38 160 m³ y un tiempo de concentración de dos minutos, el radio de afectación para la zona de amortiguamiento por sobrepresión abarcará un total de 1 731 m.

ESCENARIO 4.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 284.8 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 270.57 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 100 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 100 m se localiza además los tanques para almacenamiento de Diesel, Gasolina y Etanol, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 100 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 270.57 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 44 de 57

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 100 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 100 m y hasta una distancia de 190 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 190 m y hasta el límite de la ZAR que es de 270.57 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 270.57 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 501.23 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 270.57 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 500 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 661.50 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 25 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 25 m y hasta los 661.5 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 661.24 m hasta 0.5 psi a una distancia de 1 124.45 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 45 de 57

ESCENARIO 5.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 340.85 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 272.21 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 100 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 100 m se localiza además los tanques para almacenamiento de Diesel, Gasolina y Etanol, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 100 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 272.21 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 100 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 100 m y hasta una distancia de 190 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 190 m y hasta el límite de la ZAR que es de 272.21 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m^2 a una distancia de 272.21 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 503.67 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 270.57 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 500 m distancia del charco de

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 46 de 57

fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 663.66 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 30 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 30 m y hasta los 663.66 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 663.66 m hasta 0.5 psi a una distancia de 1 128.11 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 6.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 265.17 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 239.13 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 100 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 100 m se localiza además los tanques para almacenamiento de Etanol, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 47 de 57

Posterior a los 100 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 239.13 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 100 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 100 m y hasta una distancia de 150 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 150 m y hasta el límite de la ZAR que es de 239.13 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 239.13 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 443.21 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 239.13 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 440 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 607.54 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 20 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 20 m y hasta los 607.54 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 48 de 57

rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 607.54 m hasta 0.5 psi a una distancia de 1 032.71 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 7.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 317.34 kW/m² en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m² a una distancia de 240.68 m; en esta zona las afectaciones a la mayor parte de la infraestructura que conforma la Terminal es inevitable, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques, tuberías y camiones, principalmente) en un radio no mayor a 70 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes tanto en el área para almacenamiento de combustible como en las áreas aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m², lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 70 m se localiza además los tanques para almacenamiento de Etanol, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 70 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 240.68 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación existente en las tuberías y equipos de bombeo (válvulas de seguridad, válvulas de relevo, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 70 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 70 m y hasta una distancia de 100 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 100 m y hasta el límite de la ZAR que es de 240.68 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 240.68 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 445.52 m; para esta zona no se

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 49 de 57

esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de casas habitación.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 240.68 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 445 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 609.49 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a los tanques de almacenamiento existentes en la Terminal son inminentes, ya que en un radio de 20 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 20 m y hasta los 609.49 m que es el límite de la ZAR se afectará en su totalidad todas las instalaciones que conforman la Terminal donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente, generando la fuga de combustible en los demás tanques de almacenamiento y un posible efecto dominó, ocasionando posible afectaciones a los asentamientos rurales existentes al norte de la terminal (5 800 m), aunque esta posibilidad es muy poco probable dada la localización de los asentamientos humanos. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 40 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 40 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 609.49 m hasta 0.5 psi a una distancia de 1 036.04 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 8 y 9

Para estos escenarios se realiza el cálculo de la tasa de emisión por una fuga de combustible (Diésel y Gasolina) ya que al presentarse la ruptura de la manguera flotante que va del buquetanque 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.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 50 de 57

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 combustible 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.

Dicho derrame producto de una contingencia con características probable de 3.17×10^{-4} fue determinada mediante la metodología de árbol de fallas (para mayor detalle ver Anexo 8).

Las corrientes presentes en la zona de la terminal marítima de Empalme 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 marítima de Empalme presentan una dirección dominante hacia el este y sureste, en estas condiciones si se presentara algún derrame incidental de combustible, la pluma de combustible tendera a desplazarse hacia la zona costera que se ubica al sur de la bahía de Guásimas, llegando a la misma y depositándose en este sitio, además se observó que parte del combustible ingresa a las lagunas que se localizan en esta región en el transcurso de dos a tres días aproximadamente.

El tipo de combustible derramado puede influir en la dispersión de la mancha de combustible, debido a la diferencia de densidades principalmente.

La trayectoria y la velocidad de desplazamiento de la mancha de combustible 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 combustibles se dispersen y lleguen a las costas, disminuyendo los posibles daños ambientales, tales como una “barrera de contención” que permita controlar el derrame.

Ver informe completo de estos escenarios en el Capítulo VIII de la MIA.

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

A continuación se presentan de manera general los efectos en el Sistema Ambiental producto de la generación de un Pool Fire o Explosión no Confinada, de acuerdo a las características planteadas en cada Escenario de simulación:

Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).

<i>Aspectos Abióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 51 de 57

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><u>Clima:</u> Un evento de las características planteadas que desencadene un incendio producto de la fuga de combustible, no causara ninguna modificación en las condiciones del clima existente en el Sistema Ambiental del proyecto; si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el Pool Fire, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la Terminal será expedita y consistirá principalmente en la activación de los Planes de Atención a Emergencias y aislamiento de los sistemas en contingencia con la finalidad de cortar el suministro de combustible.</p>	<i>Ninguno</i>
<p><u>Geología y Geomorfología:</u> La zona donde se pretende realizar la instalación de la Terminal, presenta un suelo tipo Lacustre en su totalidad, mismo que dadas sus características geológicas, carecen de rocas de cualquier tipo; la geología presente en el lugar no será un aspecto abiótico que pueda ser afectado en caso de presentarse un Pool Fire, ya que la radiación no ocasionará ningún tipo de afectación al suelo y subsuelo, por lo que la Geología estará libre de cualquier afectación.</p>	<i>Ninguno</i>
<p><u>Suelos:</u> El tipo de suelo principal existente en el Sistema Ambiental de la Terminal es del tipo Solonchak, mismo que se caracteriza por ser un suelo salino con grandes concentraciones de sales donde la existencia de rocas es nula; al igual que la geología, la edafología del Sistema Ambiental no es un aspecto abiótico que pueda ser afectado en caso de presentarse un Pool Fire, ya que la radiación no ocasionará ningún tipo de afectación, si se considera que la radiación es únicamente superficial y afectaría a las estructuras por encima del suelo, por lo que no existirá afectaciones significativas al suelo.</p>	<i>Ninguno</i>
<p><u>Hidrología superficial y subterránea:</u> No se causarán afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto, principalmente el Gofo de California; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un Pool Fire.</p>	<i>Ninguno</i>

Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).

Aspectos Bióticos

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 52 de 57

Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><u>Vegetación terrestre:</u> La generación de un incendio dentro del Sistema Ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en una zona despoblada y con suelo natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo matorral (con características particulares de los climas secos), vegetación de dunas costeras además existen especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo cual favorece que en caso de un incendio esta vegetación tienda a incendiarse rápidamente provocando incendios forestales significativos. Así mismo, es importante mencionar que la vegetación, al ser factor biótico (organismos que tienen vida), tenderá a morir por los niveles de radiación que serán generados por el incendio, lo cual impactará negativamente en la calidad del paisaje del Sistema Ambiental, sin embargo, esto es considerado como un impacto reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.</p>	<i>Significativo y reparable</i>
<p><u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna silvestre del Sistema Ambiental son significativas en caso de generarse un incendio durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en su totalidad dentro de una rural, donde existe fauna silvestre que puede ser afectada de manera significativa en caso de presentarse un pool fire dentro de la Terminal.</p>	<i>Significativo</i>

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 53 de 57

**Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada
(1 de 2).**

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><u>Clima:</u> La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de combustible y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del Sistema Ambiental del proyecto.</p>	<i>Ninguno</i>
<p><u>Geología y Geomorfología:</u> Si bien, el proyecto incide en suelo tipo Lacustre con escasa presencia de rocas consolidadas, los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada de las características planteadas en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo en un radio no mayor a 25 metros (promedio de los siete escenarios), lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, mismo que será desplazado por las sobrepresión generada por la explosión ocasionando un impacto directo y puntual a las características geológicas del lugar y no se propagará en todo el Sistema Ambiental del proyecto, sin embargo, lo anterior podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales.</p>	<i>Reparable</i>
<p><u>Suelos:</u> Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de combustible, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, que en su mayor parte es del tipo Solonchak, caracterizado por ser suelos poco profundos, por lo que en caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original, sin embargo, esto será de manera puntual únicamente y no se propagará en todo el Sistema Ambiental, además de que esto podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales</p>	<i>Reparable</i>
<p><u>Hidrología superficial y subterránea:</u> De acuerdo a la distancia de la Terminal con respecto a la Costa del Golfo de California, y a los niveles de sobrepresión en esa zona, no se causarán afectaciones hacia los cuerpos</p>	<i>Ninguno</i>

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 54 de 57

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un Pool Fire.	

**Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada
(2 de 2).**

Aspectos Bióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<p><u>Vegetación terrestre:</u> La generación de una explosión no confinada dentro del Sistema ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados poco significativos, el proyecto se ubicará en una zona despoblada y con suelo natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo matorral (con características particulares de los climas secos), además de vegetación de dunas costeras y especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, en las que serán inevitables las afectaciones producto de las ondas de sobrepresión generadas por una explosión no confinada, impactos que son considerados como reparables con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación, sin embargo, lo anterior solo será puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.</p>	Reparable
<p><u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en su totalidad dentro de una zona rural donde subsisten especies de fauna que pueden verse afectadas en caso de presentarse una explosión, pero únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es baja dadas las condiciones y solo será de manera puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se</p>	Ninguno

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 55 de 57

<i>Aspectos Bióticos</i>	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.	

En lo que respecta a la afectación de los componentes bióticos, es importante señalar que la formación de un Pool Fire en el interior de las instalaciones de la Terminal, genera niveles de radiación que son suficientes para provocar un incendio en la vegetación y descienden hasta causar afectaciones poco significativas por la radiación generada, esto es, únicamente para los grupos de vegetación que se localicen dentro del radio de afectación de la Zona de alto Riesgo (ZAR) que para el peor caso simulado, corresponde a una distancia de 272 m, en esta distancia o área de afectación, la afectación sería directamente a vegetación tipo Halófila Xerófila y Mezquital Xerófilo, los cuales se describen a continuación:

Mezquital.

Comunidad vegetal arbustiva dominada principalmente por mezquites (*Prosopis* spp.). Son árboles espinosos de 5 a 10 m de altura en terrenos con buenas condiciones de humedad, en condiciones de aridez, se desarrolla como arbusto. Este tipo de vegetación por lo general se encuentra asociada frecuentemente en terrenos de suelos profundos y en aluviones cercanos a escorrentías y su desarrollo, también se asocia a la presencia de un manto freático profundo. Es común encontrar esta comunidad mezclada con otros elementos como huizache (*Acacia* spp.), palo fierro (*Olneya tesota*), palo verde (*Cercidium* spp.) y guamúchil (*Pithecellobium dulce*). En las siguientes figuras, se muestra la densidad y forma de crecimiento de éste tipo de vegetación.



Vista general del Mezquital que predomina en el SAR.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 56 de 57

Vegetación Halófila.

Es la vegetación característica de suelos con alto contenido de sales solubles y puede asumir formas diversas, florística, fisonómica y ecológicamente muy disímiles, pues pueden dominar en ella formas herbáceas, arbustivas y aun arbóreas. Tal hecho se debe, al menos en parte, a que los suelos salinos se presentan en condiciones climáticas variadas y además a que también las características edáficas varían tanto en lo que concierne a la cantidad y tipo de sales, como a la reacción (pH), textura, permeabilidad, cantidad de agua disponible, etc.

Algunas comunidades halófilas son: pastizales (pastizales halófilos), matorrales xerófilos (mezquiales), palmares (de *Thrinax parviflora*) y de la vegetación acuática y subacuática.

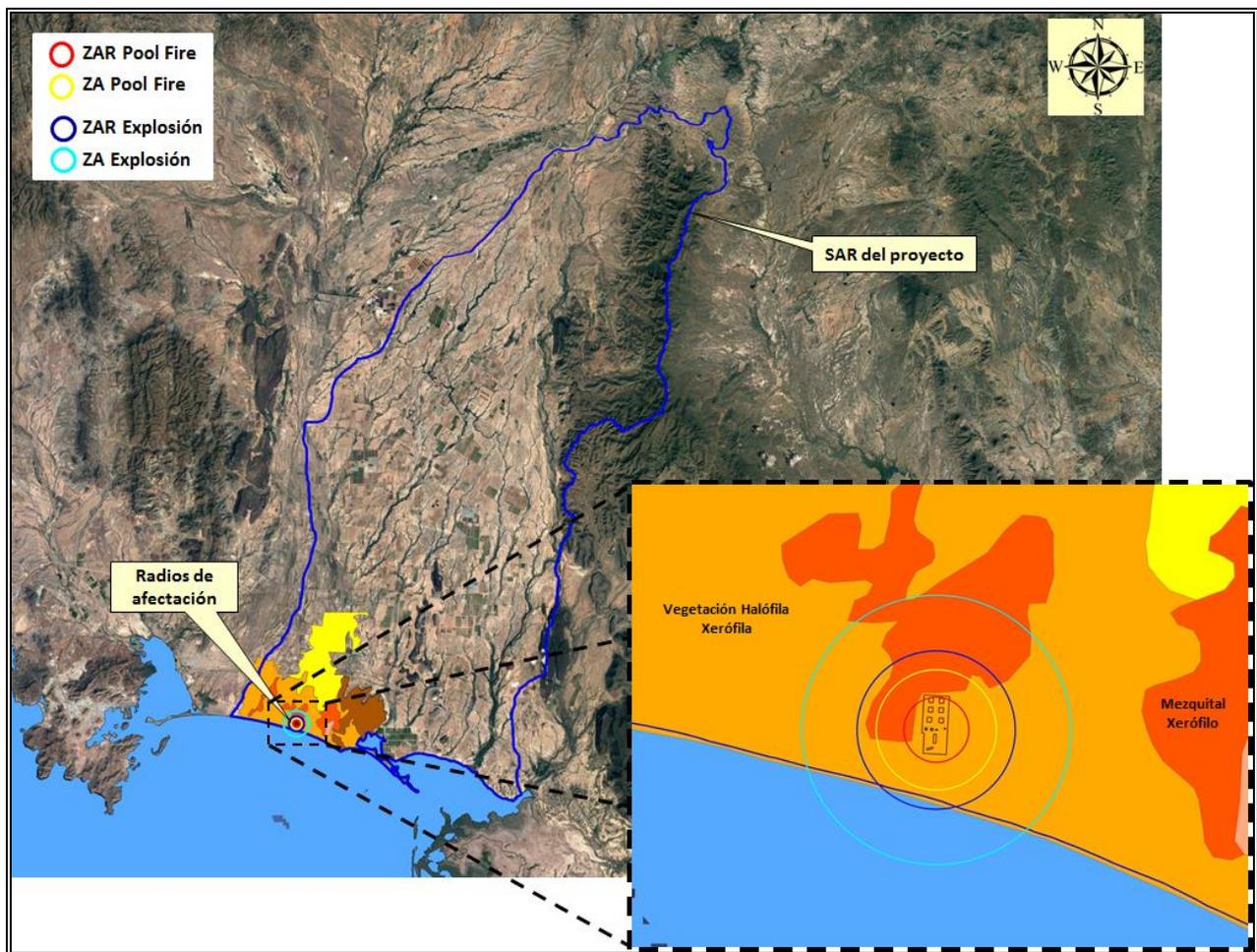


Figura 16. Tipos de vegetación existentes en los radios de afectación del proyecto.

De acuerdo a la figura anterior, los impactos a la vegetación natural aledaña a la Terminal de almacenamiento, es mínima en comparación con la delimitación de todo el Sistema Ambiental Regional (SAR), sin embargo, como ya se ha descrito, en caso de presentarse una situación de emergencia, las afectaciones pueden ser significativas, considerando que de acuerdo a los muestreos de vegetación se localizaron especies con algún estatus de protección de acuerdo a la NOM-059-

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	II
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 57 de 57

SEMARNAT-2010, además de que, la generación de un incendio forestal puede repercutir ya no únicamente en la afectación a la flora, sino en emisiones a la atmósfera y afectaciones a la fauna.

En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un Pool Fire, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; la máxima radiación obtenida en los escenarios de simulación fue de no más de 300 kW/m² es suficiente para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al Pool Fire ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen dentro de las ondas de expansión de sobrepresión de manera directa, aunque de manera indirecta se puede esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 1 de 10

Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	2
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	2
III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD	6
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS	8

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 2 de 10

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Para la realización del presente Análisis de Riesgo, se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos y mediante los paquetes SCRI Fuego (Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosión), versión 1.4 para la realización de simulaciones de fugas de combustible en la Terminal de Fluidos Empalme, de lo cual, aunado al análisis de información de las ampliaciones a realizar, se derivan las siguientes recomendaciones:

- Contar con el sistema de capas de protección (LOPA).
- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Ya en operación, elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la Terminal; además donde se establezca que la empresa promovente deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.
- Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio, que se instalará en la Terminal, y aplicarlo por lo menos una vez al mes, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
- Realizar simulacros de incendio (por lo menos dos veces al año) de tal manera que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de una emergencia,
- Elaborar y poner en práctica una lista de verificación que asegure la correcta operación de los equipos a instalar en la Terminal, tales como: bombas, tanques de almacenamiento, tuberías de conducción, autotanques y diques de contención, principalmente.
- Mantener actualizados los Diagramas de Tuberías e Instrumentación (DTIs).
- Probar regularmente los sistemas de control de las variables del proceso de Recepción, Entrega y Almacenamiento, los dispositivos de paro automático del proceso y el paro de emergencia.
- Toda la señalización de las tuberías, equipos y componentes, así como vialidades, rutas y salidas de emergencia, entre otras, debe mantenerse visible y en buen estado, cumpliendo con la normatividad nacional aplicable.
- En los tanques para almacenamiento de combustibles, realizar la verificación y pruebas de hermeticidad periódicas para cumplir con los estándares API 650.
- Instalar dispositivos para determinar la dirección del viento en puntos estratégicos de la Terminal de manera que sean visibles desde cualquier punto de la instalación. Así mismo, incluir el mantenimiento de los mismos en el programa anual de la instalación.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 3 de 10

- Instalar pararrayos en los tanques para almacenamiento de combustible.
- Realizar la medición anual de la red de tierras físicas y pararrayos por lo menos cada doce meses, mediante un laboratorio acreditado ante la EMA y conforme a la NOM-022-STPS-2015.
- Verificar periódicamente el estado del sello y de la membrana flotante interna en los tanques para almacenamiento de Gasolinas, así como la medición del nivel de explosividad dentro del tanque, para asegurar su buen funcionamiento y eficiencia de la membrana.
- Considerar que las Válvulas de Presión de Vacío cuenten con arrestador de flama.
- Considerar que los diques para contención de derrames sean específicos/individuales para cada uno de los tanques para almacenamiento de combustibles, ya que al ser compartidos son de mayor dimensiones, lo cual repercute en mayor dimensión de los radios de afectación en caso de presentarse un incendio por el derrame de combustible.
- Instalar Trampa para Envío y Recibo de Diablos (TERD) para mantenimiento e inspección interna del ducto marino.
- Instalar Unidad de recuperación de vapores en la Terminal

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y OPERATIVA.

- Elaborar un plano con la identificación y delimitación de las áreas de riesgo eléctrico
- Diseñar las instalaciones eléctricas conforme a las Normas, Códigos y Estándares aceptadas a nivel nacional y/o internacional.
- Incluir en la Memoria Técnica Descriptiva (MTD) el Estudio hidrológico, hidráulico y de socavación.
- Elaborar los siguientes planos:
 - I. Hidráulicos.
 - II. Tanques y recipientes (cimentación, construcción y protecciones).
 - III. Sistema eléctrico:
 - Diagrama unifilar general.
 - IV. Sistema de tierras.
 - V. Sistema de detección y supresión.
 - VI. Sistema hidráulico.
 - VII. Servicios auxiliares.
 - VIII. Servicios de telecomunicaciones.
 - IX. Civil y arquitectura:
 - Edificios administrativos.
 - Áreas de proceso.
 - Áreas auxiliares.
 - Red general de drenajes pluvial y aceitoso.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 4 de 10

- Red general de drenajes de áreas de edificios.
 - Pisos, pavimentos, guarniciones y niveles.
 - Ancho de la carpeta asfáltica o del pavimento.
 - Tránsito vehicular y peatonal.
 - Instalación hidráulica y sanitaria.
- Considerar en la ingeniería de detalle, que las áreas de almacenamiento cuenten con red de tierras físicas y sistema de pararrayos.
 - Considerar en la ingeniería de detalle que los tanques verticales cumplan con lo siguiente:
 1. Venteo de emergencia (solo tanques de Techo Fijo).
 2. Vertederos de sobrellenado y respiraderos de techo (solo tanques de Techo Fijo).
 3. Conexión de tierra física.
 - Que las cimentaciones de los tanques sean diseñadas conforme a los resultados del estudio de mecánica de suelos, además de que entre las bases de cimentación de los tanques y el subsuelo exista una geomembrana.
 - Las bases metálicas de los tanques deben contar con protección catódica.
 - Los diques para contención de derrames deben contar con accesos peatonales por encima del muro del dique, además de que el cableado eléctrico e instrumentación sea subterráneo.
 - Considerar en el diseño de los diques, que el volumen sea capaz de contener 1.2 veces la capacidad del tanque (para diques individuales) y 1.2 veces la capacidad del tanque de mayor volumen en diques compartidos.
 - Considerar en el diseño definitivo que las áreas de entrega de petrolíferos cuenten con drenaje aceitoso.
 - Diseñar un sistema de red de tierras que permita la conexión a tierra de los equipos e instalaciones de los tanques de Almacenamiento, áreas de Recepción y Entrega, tuberías, bombas, Auto-tanques, Carro-tanques, Buque-tanques y ducto; y demostrar el cumplimiento de las Normas, Códigos y Estándares aplicables.
 - Contar con pararrayos para dar protección en las zonas de Almacenamiento, Recepción y Entrega y otras instalaciones que se localicen en sitios expuestos a descargas eléctricas atmosféricas; y demostrar el cumplimiento de las Normas, Códigos y Estándares aplicables.
 - El Diseño de los drenajes, debe considerar la captación de aguas en patios de maniobra, calles, áreas adyacentes del Almacenamiento, Recepción-Entrega y casa de bombas.
 - Las zonas de almacenamiento, entrega y recepción de petrolíferos, cuenta con drenaje separado (pluvial y aceitoso).
-

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 5 de 10

- El drenaje pluvial debe tener la capacidad de conducir las aguas recuperadas a un separador de aceite, a un sistema de tratamiento o bien conducir las a un punto de descarga autorizado (drenaje municipal, pozo de absorción, entre otros).
- La capacidad del drenaje pluvial se debe calcular en función del mayor volumen que resulte de la cantidad de agua colectada de áreas clasificadas como pluviales o de áreas libres de contaminación con Hidrocarburos, durante la máxima precipitación pluvial anual registrada en la zona por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, sobre la base de los datos estadísticos meteorológicos de históricos máximos registrados en los últimos 10 años y en la intensidad de una tormenta durante 24 h con consideración a los volúmenes del agua contra incendio.
- El drenaje aceitoso debe conducir el Hidrocarburo o agua aceitosa captada a un separador de aceite.
- El sistema de drenaje aceitoso debe diseñarse para evitar que el Hidrocarburo proveniente de derrames accidentales, purgado de tanques de Almacenamiento y lavado de áreas penetre a los cuerpos de agua natural y/o al suelo, subsuelo y manto acuífero.
- Los diques para contención de derrames de las áreas de almacenamiento, deben contar con un drenaje pluvial que capte la precipitación pluvial dentro del dique del tanque y un drenaje aceitoso que capte y dirija el agua de desalojo hacia el separador de aceites.
- Los sistemas de drenajes de cada dique deben tener válvulas de bloqueo para cada drenaje, localizada fuera del dique de contención, las cuales deben permanecer normalmente cerradas
- La ruta de drenaje debe tener una pendiente no menor al 1%, alejándose del tanque cuando menos 15 m (49.21 pies) hacia el área de desalojo. El área de desalojo debe tener una capacidad no menor a la del tanque mayor que pueda drenar en ella
- Las áreas de recepción/entrega de combustibles, deben contar con registros para drenajes aceitosos (provistos de sellos hidráulicos) que capten posibles derrames de Hidrocarburos mediante pendientes diseñadas para tal fin.
- El drenaje de casa de bombas, debe estar desplantado sobre un piso impermeable de concreto y estar delimitado por un sardinel o dique de contención y cuya superficie tenga una pendiente que direcciona cualquier escurrimiento de Petrolíferos a un drenaje aceitoso con capacidad suficiente para contener y drenar.
- Para el Diseño del Separador de Aceite, el Regulado debe demostrar haber cumplido, mediante debe realizarse conforme a lo establecido en el API 421.
- Las tuberías utilizadas para el manejo de los Petrolíferos líquidos, el Regulado debe demostrar el cumplimiento del código ANSI/ASME B36.10 para el dimensionamiento, mediante planos y memoria de cálculo.
- El Diseño de tuberías, válvulas y accesorios, su selección y especificaciones debe apearse a lo establecido en las normas aplicables, se puede considerar el ASME B31.3

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 6 de 10

- El sistema de tuberías se encuentra conectado a la red de tierras físicas.
- Los tanques para almacenamiento deben estar anclados a la cimentación o al soporte, a fin de evitar la flotación o el desplazamiento de los mismos (solo para zonas sísmicas).
- Las estructuras de anclaje y los soportes, deben cumplir con lo siguiente:
 - a. Estar contruidos para prevenir el desgaste y la corrosión de la tubería y diseñarse de forma tal que permitan el ajuste del soporte, aplicando los códigos B31.3 y B31.4 de ASME
 - b. Estar diseñados para soportar o controlar el movimiento de las tuberías en donde sea apropiado; y por ende, proteger al equipo como las bombas, tanques y válvulas en contra de una carga mecánica excesiva
 - c. Estar diseñados considerando el peso muerto de la tubería, el peso del Petrolífero transportado, condiciones ambientales de lugar y la resistencia del terreno.
 - d. Ser resistentes o estar protegidos contra la exposición al fuego o al escape de líquidos fríos, o a ambos, en caso de estar expuestos a dichos peligros.
 - e. Que la separación longitudinal entre marcos estructurales que soportan tuberías en corredores sea de 4 a 6 m (13.12 a 19.69 pies).
- Elaborar la MTD acerca de las vialidades, accesos y estacionamientos.
- Considerar que el sistema de paro de emergencia se encuentre en áreas no tripuladas.
- En materia de respuesta a emergencias, considerar que la instalación tenga frentes de ataque.
- Implementar sistemas de protección ambiental para lo siguiente:
 - Contar con instalaciones para el control y descarga controlada de aguas residuales provenientes de drenajes aceitosos.
 - Protección anticorrosiva (recubrimientos y/o protección catódica) que evite la pérdida de contención por fugas y derrames.
 - Instalar sistemas y equipos de protección secundaria (geo-membrana en fondo de tanques verticales y tanques horizontales de doble pared y/o mayor espesor de placa, y su respectivo monitoreo) de los equipos.
 - Almacén Temporal para Residuos Peligrosos.
 - Manejo Integral de Residuos conforme a la normatividad y legislación ambiental vigente.

III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Dentro de la Terminal, se tendrán Sistemas de Medición tipo transferencia de custodia (LACT) para manejo de 350 000 BPD¹, almacenamiento de 650 000 Bbls² y despacho para auto tanques y carrostanques (a futuro) para manejo de 30 500 BPD, las llenaderas contarán con brazo sencillo de carga por la parte inferior de los mismos, sistema de Bombeo, Sistema de Recuperación de Vapores y

¹ Barriles de Petróleo Diarios.

² Barriles

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 7 de 10

Sistema de Seguridad conformada por Sistema de Detección de Gas y Fuego, Sistema de Protección Contra Incendios, Contención de Derrames, Sistema de Paro por Emergencia, Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

La Terminal contará con Sistema de Administración, Comercial y Operativa, Sistema de Control, Sistemas de control de Acceso, Instrumentación, Válvulas Manuales y Automatizadas.

✓ **Sistema de supresión a base de Agente limpio**

De acuerdo al tipo de instalación del Edificio Administrativo en donde se encuentran el cuarto eléctrico, cuarto de Telecomunicaciones e Instrumentos y a los equipos que ahí se alojarán, se presentarían fuegos clase C, por lo que se diseñará e instalará un sistema de supresión a base de agente limpio heptafluoropropano tipo paquete, bajo el concepto de inundación total; dicho paquete incluirá cilindros contenedores de agente limpio (principal y de reserva), tablero de control, detectores de humo, bastidor para los cilindros, agente extintor, interruptores de presión, cabezas eléctricas, válvulas solenoides, estación manual de alarma, estación manual de descarga, botón de aborto, selector automático/mantenimiento, selector principal/reserva, alarmas audibles, alarmas visibles, boquillas de descarga, mangueras de descarga, tubería y accesorios.

Debido a las características de los procesos dentro del Cuarto de Control, son áreas normalmente ocupadas y donde se aloja equipo eléctrico y/o electrónico y que por sus características es susceptible a un sobrecalentamiento en sus componentes o cortocircuitos, los cuales pueden generar un incendio.

El diseño de estos sistemas deberá estar de acuerdo a los requerimientos del NFPA 2001 Ed. 2015.

✓ **Sistema de supresión a base de Bióxido de carbono**

De acuerdo al tipo de instalación de la Subestación eléctrica y a los equipos que ahí se alojarán, se presentarían fuegos clase C, por lo que se diseñarán e instalará un sistema de supresión a base de bióxido de carbono tipo paquete, bajo el concepto de inundación total; dicho paquete incluirá Tablero de control para supresión de incendio, agente extinguidor CO₂, banco de cilindros con CO₂ (principal y reserva), bastidor para cilindros o arneses, cabezales de descarga, válvulas check, indicador visual de descarga (para sistema principal y de reserva), válvulas de descarga operadas por presión, cabezas de control y mangueras, tubería metálica y boquillas de descarga, alarma neumática de pre descarga, odorizante, instrumentación: Interruptor por alta presión, válvula de bloqueo con interruptor supervisor de posición, estación manual de descarga remota, luces de estado (alarmas visibles), alarmas audibles, detectores de humo, interruptor selector automático / mantenimiento, interruptor selector principal / reserva, generador de tonos, bascula de pesaje de cilindros, extintores portátiles (equipo contra incendio complementario).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 8 de 10

Adicional a estos requerimiento de debe considerar la señalización pertinente de este sistema la cual consiste en lo siguiente: Juego de letreros para indicación y advertencia en las zonas de acceso a los cuartos de control y en el interior incluye: identificación de elementos e instrucciones de operación y letreros de identificación de la condición de cada una de las luces de estado (alarmas visibles).

El diseño de estos sistemas deberá estar de acuerdo a los requerimientos del NFPA 12 Ed. 2015.

III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

Como parte de las medidas preventivas, dentro de la Terminal se contará con los siguientes sistemas de seguridad.

A) EQUIPO DE SEGURIDAD Y SEÑALIZACIÓN

A.1 Cono de vientos

Se debe considerar la instalación de conos indicadores de viento. El cono indicador de la dirección del viento debe colocarse en la parte o equipo más elevado de la Terminal a modo de que en caso de un derrame de hidrocarburo, el personal de la estación pueda ubicarse y conocer la dirección del viento en el momento de presentarse el derrame o fuga.

A.2 Estación de regadera y lava ojos

En caso de actividades de muestreo o purgado de líneas y equipos en que un operador resulte salpicado, se debe contar con un área de regadera lavaojos a modo de que el operador pueda limpiarse y quitarse el líquido que le haya caído en alguna parte del cuerpo.

Regadera de seguridad y estaciones de lavaojos deben instalarse donde el personal tiene que manejar los materiales que son perjudiciales para la piel o los ojos al entrar en contacto, localizado no más de 15 metros de la amenaza y no debe tener un tiempo máximo de recorrido de 10 segundos. Esta exposición se puede producir durante las operaciones normales o durante las actividades de mantenimiento.

Estas se abastecen de agua potable.

Los caudales mínimos necesarios serán los siguientes:

- Para las duchas de seguridad: 114 l/min (en general) y 76 l/min
- Para las estaciones lavaojos: 1.13 l/min.

Las estaciones de regadera y lava ojos deben cumplir con lo indicado en el ANSI Z358.1

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 9 de 10

A.3 Rutas de evacuación

Las salidas normales y de emergencia, deben cumplir con lo indicado en el apartado 9 de la NOM-002-STPS-2000, donde se indica:

- La distancia a recorres desde el punto más alejado del interior de una edificación a un área de salida, no debe ser mayor de 40 metros.
- En caso de que la distancia sea mayor a la indicada en el apartado anterior, el tiempo máximo en que debe evacuarse al personal a un lugar seguro, es de tres minutos.
- Los elevadores no son parte de una ruta de evacuación y no se deben usar en caso de incendio.
- Las puertas de las salidas normales de la ruta de evacuación y de las salidas de emergencia deben:
 - a) Abrirse en el sentido de la salida y contar con un mecanismo que las cierre y otro que permita abrirlas desde adentro mediante una operación simple de empuje.
 - b) Estar libres de obstáculos, candados, picaportes o de cerraduras con seguros puestos, durante las horas laborales.
 - c) Comunicar a un descanso, en caso de acceder a una escalera.
 - d) Ser de materiales resistentes al fuego y capaces de impedir el paso del humo entre áreas de trabajo.
 - e) Estar identificadas de acuerdo a la NOM-026-STPS-2008

Los pasillos, corredores, rampas y escaleras que sean parte del área de salida deben:

- a) Ser de materiales ignífugos y, si tienen acabados, éstos deben ser de materiales resistentes al fuego.
- b) Estar libres de obstáculos que impidan el tránsito de los trabajadores.

Identificarse con señales visibles en todo momento, que indiquen la dirección de la ruta de evacuación, de acuerdo a la NOM-026-STPS-2008.

Adicionalmente a lo antes indicado se debe de dar cumplimiento al CRF 1910.7 en su última edición.

A.4 Señales de seguridad e higiene

Deben instalarse las señales de seguridad e higiene para las instalaciones, y deben cumplir con lo indicado en la norma NOM-026-STPS-2008.

Las señales de seguridad e higiene se clasifican en señales de: PROHIBICIÓN, ADVERTENCIA O PRECAUCIÓN, OBLIGACIÓN e INFORMACIÓN, y deben:

- a) Captar la atención de usuarios y visitantes.
- b) Conducir a una sola interpretación.
- c) Ser claras para facilitar su comprensión e interpretación.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	III
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 10 de 10

- d) Informar claramente sobre la acción específica a seguir.
- e) Representar acciones y situaciones que puedan ser reconocidas fácilmente.

Estar libres de todo tipo de propaganda, logotipo o mensajes ajenos al contenido de imagen establecidos en la norma NOM-026-STPS-2008.

A.4 Medidas de prevención en caso de derrame de combustible en el medio marino

Como parte de las medidas de prevención y mitigación en materia de posibles derrames de combustible, se propone extender una “barrera de contención” que permita controlar el derrame, como se ilustra en la siguiente figura.



Figura 1. Barrera de contención

A continuación, se mencionan los componentes de la barrera para su instalación y operación:

1. Booms de contención de petróleo de Alta resistencia HDB (barrera de caucho inflado con aire).
2. Carrete para barrera de contención HRS H1722 (almacenamiento seguro, despliegue y recuperación de barreras de contención).
3. Skimmer de vertedero LWS 800 (facilita la recuperación del espumado del petróleo).

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	IV
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 1 de 4

Índice

IV. RESUMEN	2
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL.....	2
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL	2
IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO	4

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	IV
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 2 de 4

IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la Terminal de Fluidos Empalme, es la incidencia de incendio y explosión por el desgaste de los tanques de almacenamiento a presión atmosférica, ya que por las condiciones de operación y por las condiciones ambientales, facilita que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo, la integridad física de los mismos se deteriore llegando a provocar posibles fugas; por lo anterior, la Promovente del proyecto dará a conocer a los habitantes aledaños a la zona, las medidas de prevención y control que se instaurarán en cada punto de la Terminal para reducir los riesgos existentes por incendio y explosión.

El riesgo existente en el almacenamiento de Combustibles es evidente, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de la Terminal, que para el presente proyecto se aplicarán a diario. Aunado a lo anterior, los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, ayudarán a anticiparse a cualquier falla mecánica o de operación que se pueda presentar.

La verificación de la integridad mecánica y de operación de los tanques de almacenamiento por una UV acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía y la ema, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos por fallas en los componentes e instrumentación de los tanques de almacenamiento.

Por lo anterior y de acuerdo a los resultados del Análisis de Riesgos, se concluye que el nivel de riesgo de la Terminal es Alto, ya que si bien, de acuerdo al análisis realizado mediante HAZOP las desviaciones de mayor riesgo fueron de riesgo Medio, considerando su evaluación con las medidas preventivas y salvaguardas disponibles para cada desviación, sus consecuencias pueden ser catastróficas en caso de presentarse, y además, de acuerdo a los árboles de falla presentados su probabilidad de ocurrencia es significativa si se considera que los eventos de mayor probabilidad resultantes fueron de un evento cada 10 años, sin embargo es necesario que una vez puesta en operación la Terminal se realice la actualización del presente Estudio de Riesgo y se estructure el Programa para Prevención de Accidentes (PPA) conforme a los escenarios de riesgo resultantes.

IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una nueva Terminal de Almacenamiento de Productos Petrolíferos la cual estará ligada a un sistema portuario de amarradero convencional mediante una tubería submarina para importación de Gasolina y Diésel, en la costa del Municipio de Empalme, en el estado de Sonora.

La Terminal contará con los siguientes tanques:

- 2 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls (barriles) para Diésel.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	IV
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 3 de 4

- 3 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls para Gasolina Magna.
- 1 Tanque de Almacenamiento con capacidad de 100 000 Bbls para Gasolina Premium.
- 2 Tanques de Almacenamiento con capacidad de 2 000 Bbls para Etanol.
- 1 Tanque de Almacenamiento con capacidad de 5 000 Bbls para Trans-Mix.
- 3 Tanques para almacenamiento de tinte.

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.

La Terminal tendrá la capacidad de recibir Productos Petrolíferos Refinados (Gasolinas y Diésel) por Buque Tanque a través de tubería submarina de interconexión entre la Terminal Marítima y la Terminal Terrestre de Almacenamiento.

Dentro de la Terminal, se tendrán Sistemas de Medición tipo transferencia de custodia (LACT) para manejo de 350 000 BPD¹, almacenamiento de 650 000 Bbls y despacho para auto tanques y carro tanques (a futuro) para manejo de 30 500 BPD, las llenaderas contarán con brazo sencillo de carga por la parte inferior de los mismos, sistema de Bombeo, Sistema de Recuperación de Vapores y Sistema de Seguridad conformada por Sistema de Detección de Gas y Fuego, Sistema de Protección Contra Incendios, Contención de Derrames, Sistema de Paro por Emergencia, Drenaje de Agua Contaminada con Aceite, y Sistema de Tratamiento de Aguas Aceitosas.

Respecto a la posibilidad de un derrame incidental de combustible, la pluma de combustible tenderá a desplazarse hacia la zona costera que se ubica al sur de la bahía de Guásimas, llegando a la misma y depositándose en este sitio, además se observó que parte del combustible ingresa a las lagunas que se localizan en esta región en el transcurso de dos a tres días aproximadamente. El tipo de combustible derramado puede influir en la dispersión de la mancha de combustible, debido a la diferencia de densidades principalmente. La trayectoria y la velocidad de desplazamiento de la mancha de combustible derramado incidentalmente dependerán de las condiciones hidrodinámicas dominantes durante el incidente.

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes de combustible para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTIs) de la Terminal y de los accesorios que serán instalados en dicha estación, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras zonas donde se realiza el mismo diseño y construcción de Terminal, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores y tanques de almacenamiento, para

¹ Barriles de Petróleo Diarios

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	IV
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 4 de 4

la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación.

IV.3 PRESENTAR EL INFORME TÉCNICO DEBIDAMENTE LLENADO

El Informe Técnico del presente Estudio de Riesgo, se incluye en el **Anexo 11**.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	V
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 1 de 5

Índice

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	2
V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN	2
V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN	2
V.1.2 FOTOGRAFÍAS	2
V.1.3 VIDEOS	5
V.2 OTROS ANEXOS	5

Índice de Fotos

Foto 1 Vista en Dirección Sur donde se ubicará la llegada del ducto marino proveniente del área de descarga.	2
Foto 2 Vegetación predominante en el área del proyecto.	3
Foto 3 Vista en Dirección Sur donde se ubicará la llegada del ducto marino proveniente del área de descarga.	3
Foto 4 Vista en dirección Norte de las condiciones del terreno.	4
Foto 5 Vista en dirección Norte de las condiciones del terreno.	4

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	V
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 2 de 5

V. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN EL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN

Los planos de localización del proyecto se incluyen en el **Anexo 1**.

V.1.2 FOTOGRAFÍAS



Foto 1 Vista en Dirección Sur donde se ubicará la llegada del ducto marino proveniente del área de descarga.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	V
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 3 de 5



Foto 2 Vegetación predominante en el área del proyecto.



Foto 3 Vista en Dirección Sur donde se ubicará la llegada del ducto marino proveniente del área de descarga.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	V
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 4 de 5



Foto 4 Vista en dirección Norte de las condiciones del terreno.



Foto 5 Vista en dirección Norte de las condiciones del terreno.

ESTUDIO DE RIESGO Modalidad Análisis de Riesgos TERMINAL DE FLUIDOS DE EMPALME Empalme, Son.	CAPITULO	V
	FECHA	Enero 2018
	HOJA:	Página 5 de 5

V.1.3 VIDEOS

Para la realización del presente Estudio de Riesgo, no se realizaron videograbaciones.

V.2 OTROS ANEXOS

a) Documentos legales

La documentación Legal se incluye en los Anexos de la MIA que acompaña al presente estudio.

b) Cartografía consultada

La cartografía consultada fue del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),

c) Autorizaciones y permisos

Actualmente no se cuentan con autorizaciones y permisos para el desarrollo del proyecto, sin embargo, para antes de iniciar con la etapa de preparación del sitio, se obtendrán las siguientes autorizaciones:

- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción.
- Título de Permiso para Almacenamiento y expendio de Petrolíferos expedido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Entre otras.

d) Memorias descriptivas de la(s) metodología(s) utilizada(s)

La descripción de las metodologías empleadas para el análisis de riesgo se incluye en el Capítulo II.

e) Memoria técnica de la(s) modelación(es)

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 9**.