



Preparado para: Valero Marketing and Supply de México, S.A. de C.V.

Estudio de Riesgo, Modalidad Análisis de Riesgo Sitio Altamira

Septiembre 2018

[ERM - Environmental Resources Management \(ERM\)](#)

Responsables de elaboración:

Ing. José Luis Monroy
Gerente de Proyecto
CP: 8996045
CP = Cédula Profesional

Ing. Erick Flores
Coordinador de Proyecto
CP: 8254669

Ing. Vanessa Treviño
Ingeniero de Proyecto
CP: 10867062

INTRODUCCIÓN.	9-3
9 ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.	9-4
9.1 BASES DE DISEÑO.	9-4
9.1.1 Susceptibilidad a riesgos ambientales.	9-7
9.1.2 Marco normativo aplicable.	9-19
9.1.3 Proyecto civil.	9-23
9.1.4 Proyecto mecánico.	9-27
9.1.5 Proyecto sistema contra-incendio.	9-33
9.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.	9-35
9.2.1 Análisis de actividades altamente riesgosas.	9-39
9.2.2 Almacenamiento.	9-42
9.2.3 Equipos de proceso y auxiliares.	9-45
9.2.4 Pruebas de verificación.	9-52
9.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.	9-53
9.3.1 Especificaciones de la sala de control.	9-54
9.3.2 Sistemas de aislamiento.	9-54
9.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	9-56
9.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.	9-56
9.4.2 Metodología de identificación y jerarquización.	9-65
9.5 DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.	9-81
9.5.1 Eventos potenciales.	9-81
9.5.2 Consecuencias potenciales.	9-86
9.5.3 Efectos de radiación térmica.	9-86
9.5.4 Criterios de afectación.	9-88
9.5.5 Información utilizada para modelar los escenarios de riesgo.	9-88
9.5.6 Descripción de escenarios de riesgo.	9-91
9.5.7 Resultados de los escenarios modelados.	9-101
9.5.8 Interacciones de riesgo y conclusiones.	9-102
9.5.9 Efectos sobre el sistema ambiental.	9-109
9.6 SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS EN MATERIA AMBIENTAL.	9-110
9.6.1 Recomendaciones técnico - operativas.	9-110
9.6.2 Planes de respuesta a emergencias.	9-112
9.6.3 Sistemas de Seguridad.	9-113
9.6.4 Medidas preventivas.	9-115
9.6.5 Otras salvaguardas prácticas de trabajo seguro.	9-119
9.7 RESUMEN.	9-121
9.7.1 Conclusiones del estudio de riesgo ambiental.	9-121
9.7.2 Resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.	9-124
9.7.3 Informe técnico.	9-125
9.7.4 Instrumentos metodológicos y técnicos que sustentan la información.	9-132

INTRODUCCIÓN.

A continuación se presenta el Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), Modalidad Análisis de Riesgo que es utilizado para Proyectos nuevos que no se encuentren en operación y que acompaña a la Manifestación de Impacto Ambiental Regional (MIA) del Proyecto, esto de acuerdo con el Art. 17 del reglamento de La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que señala que los Proyectos que involucren el manejo de sustancias o desarrollo de actividades consideradas como altamente riesgosas en los términos de la Ley, deberán presentar un estudio de riesgo como anexo a la Manifestación de Impacto Ambiental.

El Estudio de Riesgo fue elaborado con base en la Guía para la Presentación del Estudio de Riesgo, Modalidad Análisis de Riesgo publicada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y que forma parte del trámite No. ASEA-00-015-B de la Agencia de Seguridad, Energía y Medio Ambiente (ASEA) en su versión más reciente al ingreso de este estudio.

Tal como lo requiere la legislación vigente a través de la LGEEPA, la definición del requerimiento de un ERA está vinculada al primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de marzo de 1990 y 04 de mayo de 1992. El análisis completo referente a este punto se incluye en la sección 9.2.1 Análisis de Actividades Altamente Riesgosas.

Sin embargo, cabe mencionar que es requerimiento de ASEA que todos los proyectos del sector hidrocarburos presenten estudios de riesgo ambiental ante esta dependencia independientemente de los resultados del análisis de actividades altamente riesgosas.

Para propósito de presentación del ERA el enfoque presentado en las etapas de identificación de peligros y análisis de consecuencias incluyen todas las operaciones con actividades altamente riesgosas.

Valero Supply and Marketing de México, S.A. de C.V. (“Valero” o “El Promoviente”) planea construir una terminal de almacenamiento de productos combustibles y químicos en los terrenos administrados por API (Administradora Portuaria Integral) en el municipio de Altamira en el Estado de Tamaulipas.

El proyecto a desarrollar se denomina “Terminal Industrial para el Almacenamiento y reparto de combustibles” (“El Proyecto” o “La Terminal”) y consiste en la construcción y operación de un complejo industrial de almacenamiento de gasolina de bajo octanaje (o gasolina regular), gasolina de alto octanaje (o gasolina Premium), diésel, Metil Terbutil Éter (MTBE) y etanol.

Tanto los combustibles en mención como el MTBE y el etanol, serán provistos por buques desde el muelle marítimo de Altamira (la transportación por buque se encuentra fuera del alcance del Proyecto) para ser transportados por medio de tuberías a la terminal de almacenamiento. El alcance del proyecto abarca las operaciones de la transferencia desde la Válvula de Control de Custodia del Producto (VCCP) localizada en la conexión con el muelle, la transferencia a través de la tubería hacia la Terminal de Almacenamiento, así como la carga y descarga de producto a los auto-/ carro-tanques. Los combustibles, el MTBE y el etanol, serán almacenados y a través de bombeo serán surtidos hasta el sistema de carga de carro-tanques y auto-tanques para ser transportados al resto del país (la transportación al resto del país se encuentra fuera del alcance del presente Proyecto).

9.1

BASES DE DISEÑO.

El Proyecto, tal como se ha definido en el Capítulo 2 de la MIA, comprenderá la construcción de una terminal de almacenamiento y reparto de combustibles en los terrenos administrados por API (Administradora Portuaria Integral) en el municipio de Altamira en el Estado de Tamaulipas (véase Anexo 9.1).

El Proyecto “Terminal Industrial para almacenamiento y reparto de combustibles” (“El Proyecto” o “La Terminal”) consiste en:

1. Transferencia por tuberías desde VCCP hasta granja de tanques de almacenamiento
2. Almacenamiento de combustibles en la Terminal y
3. Descarga de estos combustibles a auto-tanques y carro-tanques.

El transporte y distribución de los combustibles en el interior del país está fuera del alcance del presente Proyecto. Así como las actividades del buque en el muelle antes de la VCCP.

La nueva instalación de la Terminal, incluirá los siguientes sistemas principales:

- Sistema de carga a carro-tanques (FFCC) con 13 posiciones
- Sistema de carga de auto-tanques (pipas) con 5 posiciones
- Tanques de Almacenamiento de gasolina Regular (3)
- Tanque de Almacenamiento de gasolina Premium (1)
- Tanques de Almacenamiento de Diésel (3)
- Tanque de Almacenamiento de MTBE o Etanol (1)
- Sistema de Recuperación de Vapor
- Recolección y Separación de aceite y Agua residual
- Sistema contra Incendios
- Sala de Control (para gestionar las operaciones de recepción y carga)
- Área de Oficinas y de Mantenimiento

Las instalaciones también incluirán las tuberías de transferencia para cada combustible, MTBE y etanol del límite de la batería del muelle a los tanques de almacenamiento asociados.

Consideraciones para el diseño.

En la Tabla 9.1, están listados los estándares o normatividad aplicable y usada para el diseño de la Terminal, tanto nacionales como internacionales:

Tabla 9.1 *Códigos o estándares de diseño de la instalación.*

Código o estándar	Descripción
Tanques de almacenamiento	
API 650	Tanques soldados de acero para el almacenamiento de petróleo
API 620	Diseño y construcción de tanques de almacenamiento soldados y de baja presión
API 650 Apéndice C	Tanques soldados de acero para el almacenamiento de petróleo. Techos flotantes externos
API 620 Apéndice Q	Diseño y construcción de tanques de almacenamiento soldados y de baja presión. Tanques refrigerados
ASME Sección VII División 1 o 2	Reglas para el Diseño y Fabricación de Recipientes sujetos a Presión.
Bombas	
API 610	Bombas centrífugas para petróleo, compuestos químicos pesados y gases para servicios industriales
API 674	Bombas de desplazamiento positivo. Recíprocas
API 675	Bombas de desplazamiento positivo. Control de volumen

Código o estándar	Descripción
API 676	Bombas de desplazamiento positivo. Rotatorias
API 682	Bombas con sello
NFPA 20	Instalación de Bombas Estacionarias contra Incendios
Tuberías	
ASME B31.3	Tuberías de proceso de refinerías y plantas químicas
ASME B31.1	Tuberías de vapor y sistemas de potencia
ASME B36.1	Dimensionamiento de tuberías
NFPA 30	Clasificación de Líquidos Inflamables y Combustibles
NFPA 24	Instalación de redes de agua contra incendio
Válvulas de relevo de presión	
API 520	Dimensionamiento, selección e instalación de dispositivos de alivio de presión, parte 1 y 2
API 521	Guía para los sistemas de alivio de presión
API 2000	Ventilación de tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión
Sistema contra incendio	
NFPA 15	Pulverización del agua en sistemas contra incendio
NFPA 11	Sistemas de espuma de alta expansión
Otras	
API 614	Sistemas de lubricación, sellado de ejes y control de aceite para aplicaciones de uso especial
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
NOM-002-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal
NOM-006-CNA-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las fosas sépticas prefabricadas
NOM-081-ECOL-1994	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido

Código o estándar	Descripción
Normas de construcción de CFE	Normas de construcción de CFE. Diseños por sismos y Diseño por viento
Fuente: Basic Engineering Design Document Altamira Terminal, Rev F. Documento V2AB-010-00-BD-001	

9.1.1 *Susceptibilidad a riesgos ambientales.*

La zona donde se pretende construir el Proyecto está expuesta a fenómenos naturales y efectos meteorológicos que fueron considerados como parte del diseño mecánico y civil del mismo. Por lo anterior, a continuación se describen los factores ambientales relevantes para el diseño y construcción del Proyecto.

De acuerdo con información publicada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), el “Atlas Nacional de Riesgos” del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Sistema Meteorológico Nacional (SMN) y el Organismo Nacional para el Estudio de los Océanos y la Atmósfera (NOAA), la zona donde se ubicará el Proyecto presenta las siguientes características:

Ciclones Tropicales.

La zona del Golfo de México se caracteriza por la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos a lo largo del año. Las masas de aire frío continentales y los sistemas de alta presión, las rachas de fuertes vientos (ej., 100 km/h) y mareas caracterizan a los “nortes” que se presentan en la zona. Así mismo, también se presentan eventos extremos de suma peligrosidad y que tienen consecuencias sobre el medio ambiente e incluso sobre la economía, tal es el caso de los eventos extremos, los cuales se enlistan en la Tabla 9.2 en el periodo 1876-2017.

Tabla 9.2 *Eventos extremos reportados para el Golfo de México en el periodo de 1876- 2017.*

Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra en México	Vientos máx.* (km/h)	Vientos máx.** (km/h)	Categoría***
Sin nombre	Julio 1876	Veracruz, Ver.	93	130	H1
Mitch	Octubre 1998	Cazones-Tuxpan, Ver.	93	130	TT
DT 2	Julio 1999	Tuxpan, Ver.	55	N/A	DT
Larry	Octubre 2003	Oeste de Paraíso, Tabasco.	95	110	TT
Bret	Junio 2005	Tuxpan, Ver.	65	85	TT
Stan	Octubre 2005	Monte Pío, Ver.	130	150	H1

Nombre del Fenómeno	Mes y Año	Lugar de entrada a Tierra en México	Vientos máx.* (km/h)	Vientos máx.** (km/h)	Categoría***
Dean	Agosto 2007	Tecolutla, Ver.	155	195	H2
Marco	Octubre 2008	La Victoria, Tabasco.	56	74	TT
Karl	Septiembre 2010	Veracruz, Ver.	195	240	H3
Harvey	Agosto 2011	Tabasco y Veracruz	55	75	TT
Ernesto	Agosto 2012	Coatzacoalcos, Ver.	140	175	H1
Ingrid	Septiembre 2013	Veracruz	140	165	H1
Earl	Agosto 2016	Antón Lizardo, Ver.	130	150	H1
Franklin	Agosto 2017	No toca tierra	110	140	TT
Fuente: CONAGUA, 2017					

* Sostenidos: son los vientos más fuertes de superficie que ocurren durante 1 minuto dentro de la circulación del sistema.

** Rachas: es un aumento brusco del viento con respecto a su velocidad media tomada en un cierto intervalo de tiempo.

*** Las categorías, de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson, se clasifican en: H1, 119-153 (km/h); H2, 154-177 (km/h); H3, 178-209 (km/h); H4, 210-250 (km/h) y H5, mayor de 250 (km/h). De acuerdo a la intensidad presentada en el área de 15 km circundante al área del Proyecto.
H Huracán; TT Tormenta Tropical; DT Depresión Tropical

Datos del Centro Nacional de Huracanes de la NOAA de 2010 hasta la fecha¹, reportan que sólo la trayectoria de la Tormenta Tropical Dolly con vientos máximos de 75 km/h y rachas de 95 km/h se ha encontrado dentro de los 100 km próximos al proyecto (Figura 9.1).

¹ La información geoespacial del Centro Nacional de Huracanes se encuentra disponible a partir de 2010.

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

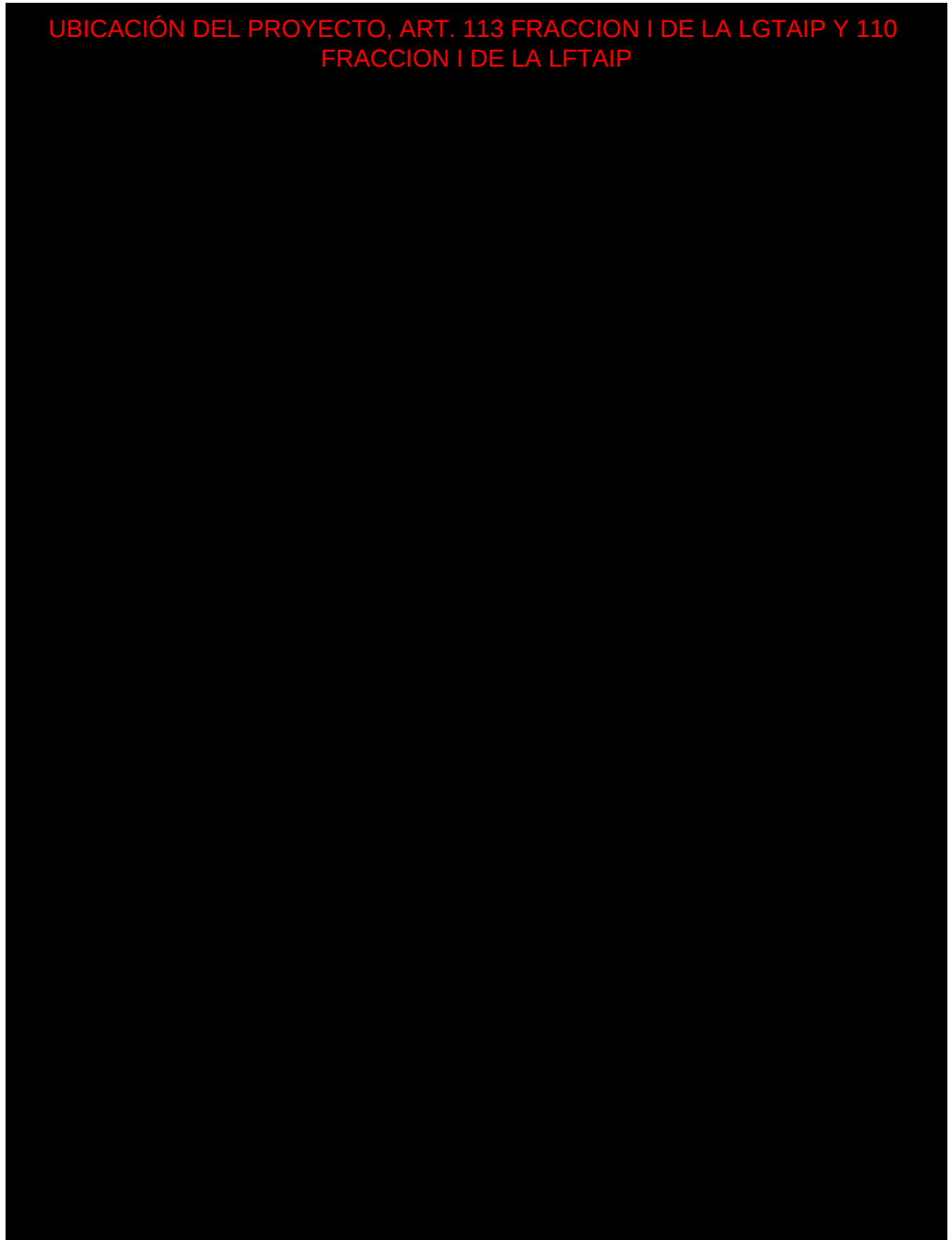


Figura 9.1 *Ciclones Tropicales.*

Además, los datos de 2016 del Sistema Meteorológico Nacional reportan que los ciclones tropicales que han afectado las regiones aledañas al proyecto han sido en su mayoría tormentas tropicales y huracanes de baja intensidad y el CENAPRED clasifica con grado de peligro medio al Municipio de Altamira por presencia de ciclones tropicales (véase Figura 9.2).

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

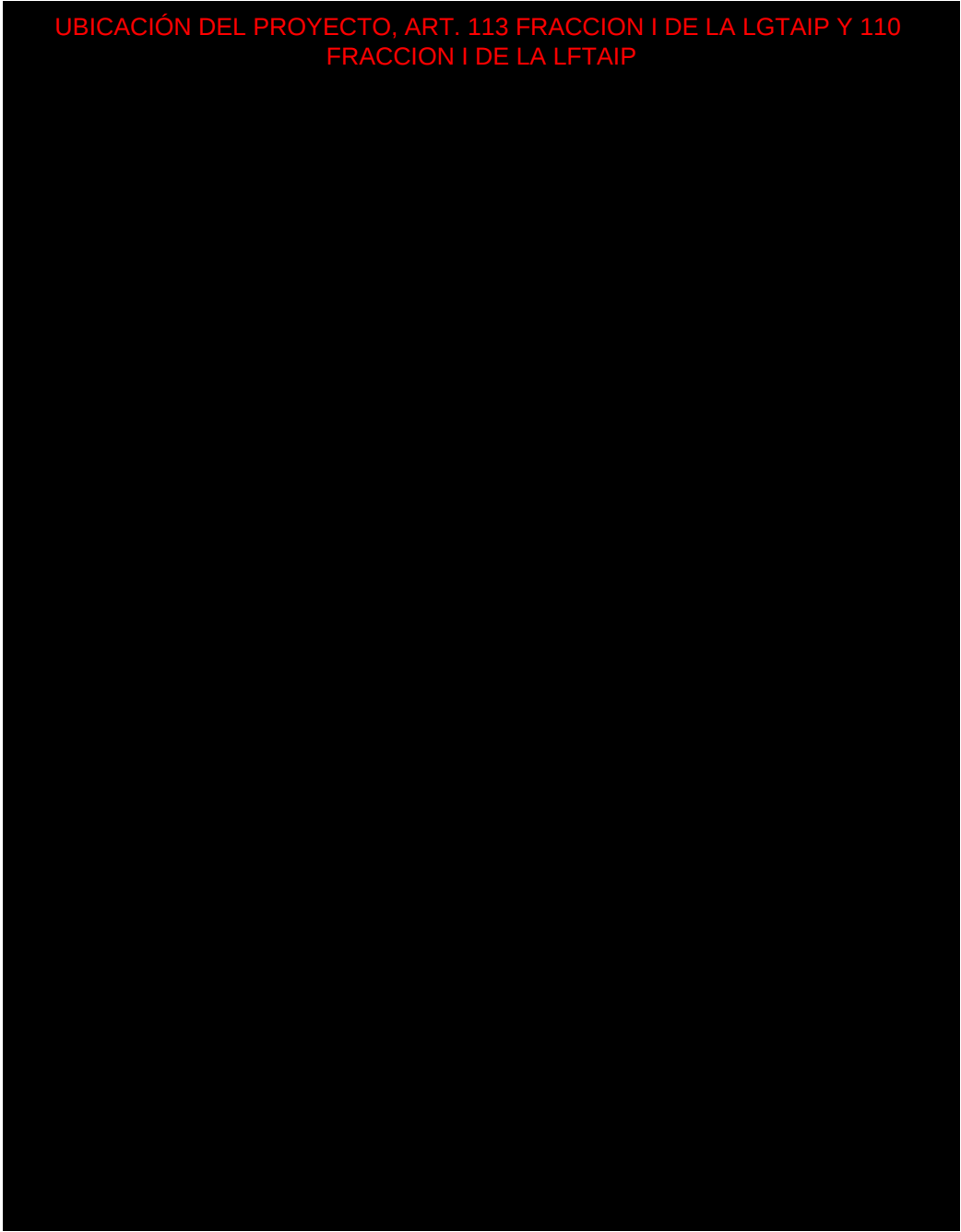


Figura 9.2 *Grado de Peligro por presencia de Ciclones Tropicales.*

Bajas temperaturas.

El sitio del proyecto se ubica en una zona de grado de peligro bajo por bajas temperaturas; por lo cual, ni las instalaciones ni su funcionamiento se encuentran en riesgo de falla o avería a causa de bajas temperaturas, tal como se muestra en la Figura 9.3.

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

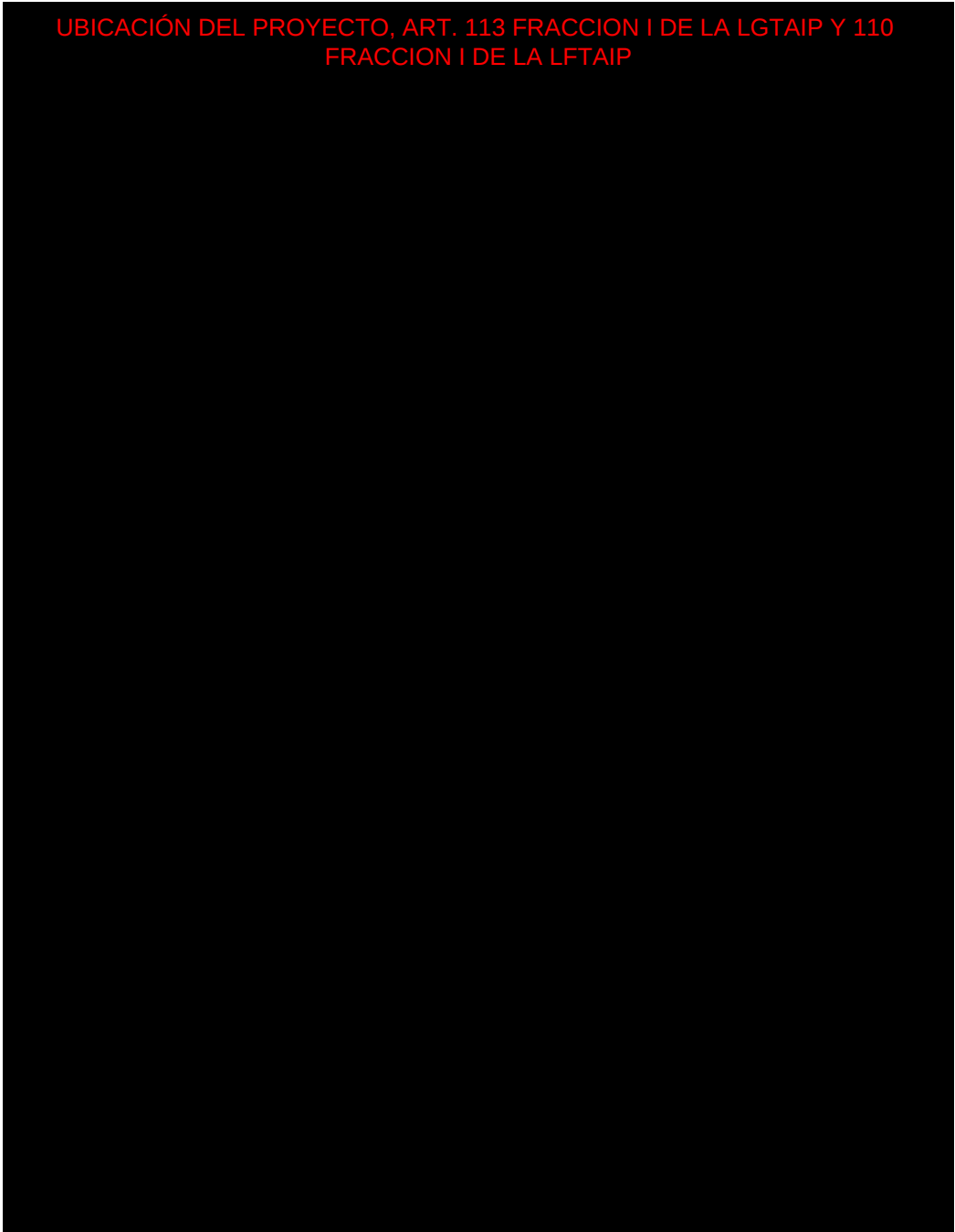


Figura 9.3 ***Grado de Peligro por Bajas Temperaturas.***

Inundación.

Debido a que el sitio del proyecto se encuentra cercano a la costa, el índice de peligro de inundación es alto conforme a la información del Atlas Nacional de Riesgos (2013) como se observa en la Figura 9.4; por ello, en la construcción del proyecto se ha contemplado la preparación del suelo para la instalación de las estructuras y cimentaciones de edificios con el fin de evitar daños en caso de reblandecimiento de tierras a causa de una inundación en el sitio del proyecto.

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

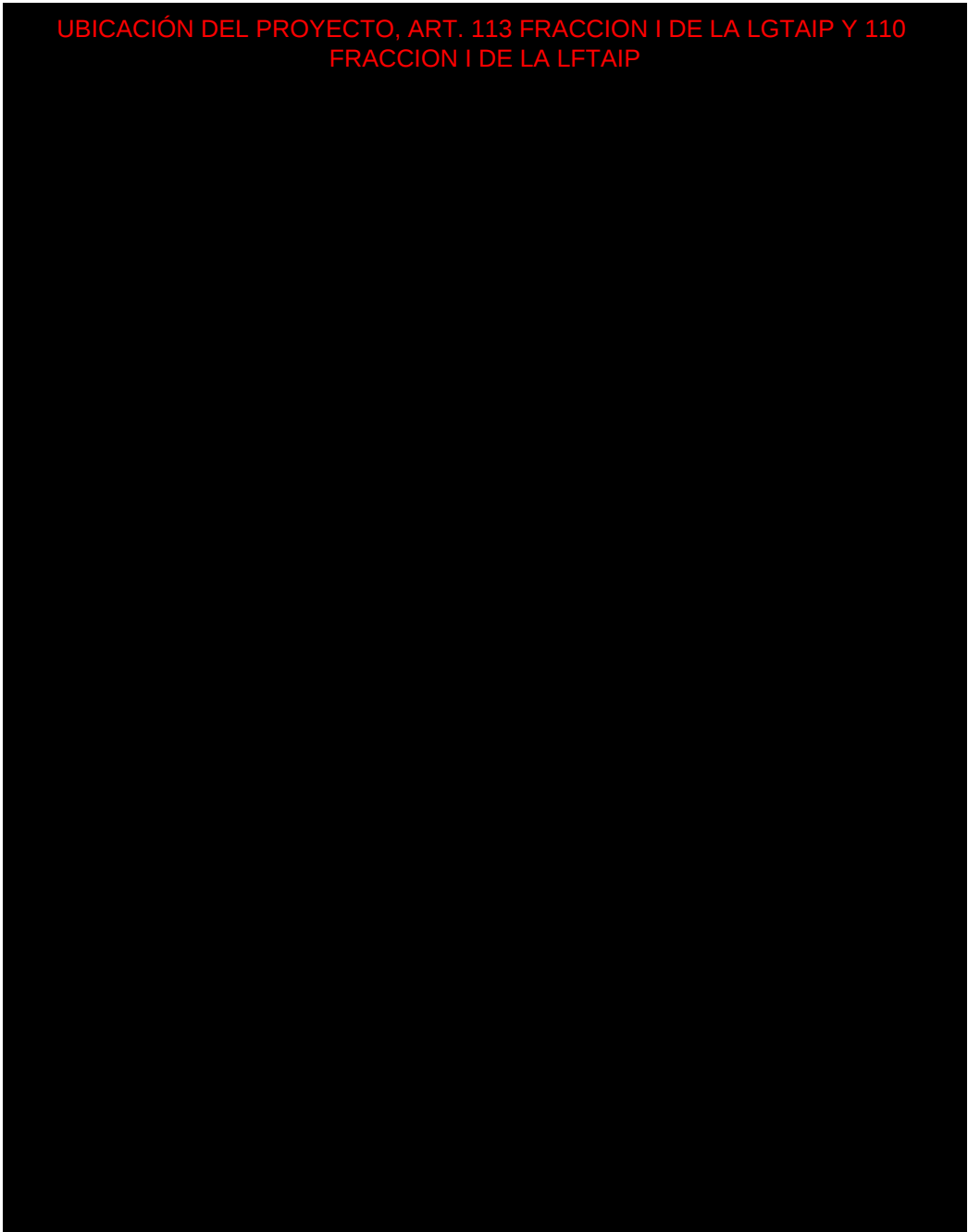


Figura 9.4 Índice de peligro de inundación.

Sequía.

El sitio del proyecto se localiza en una zona con sequía muy vasta, lo cual indica que la duración promedio de la sequía es entre 2 y 3 años con un déficit promedio de lluvia entre 20 y 30% respecto a su lluvia media anual (véase Figura 9.5).

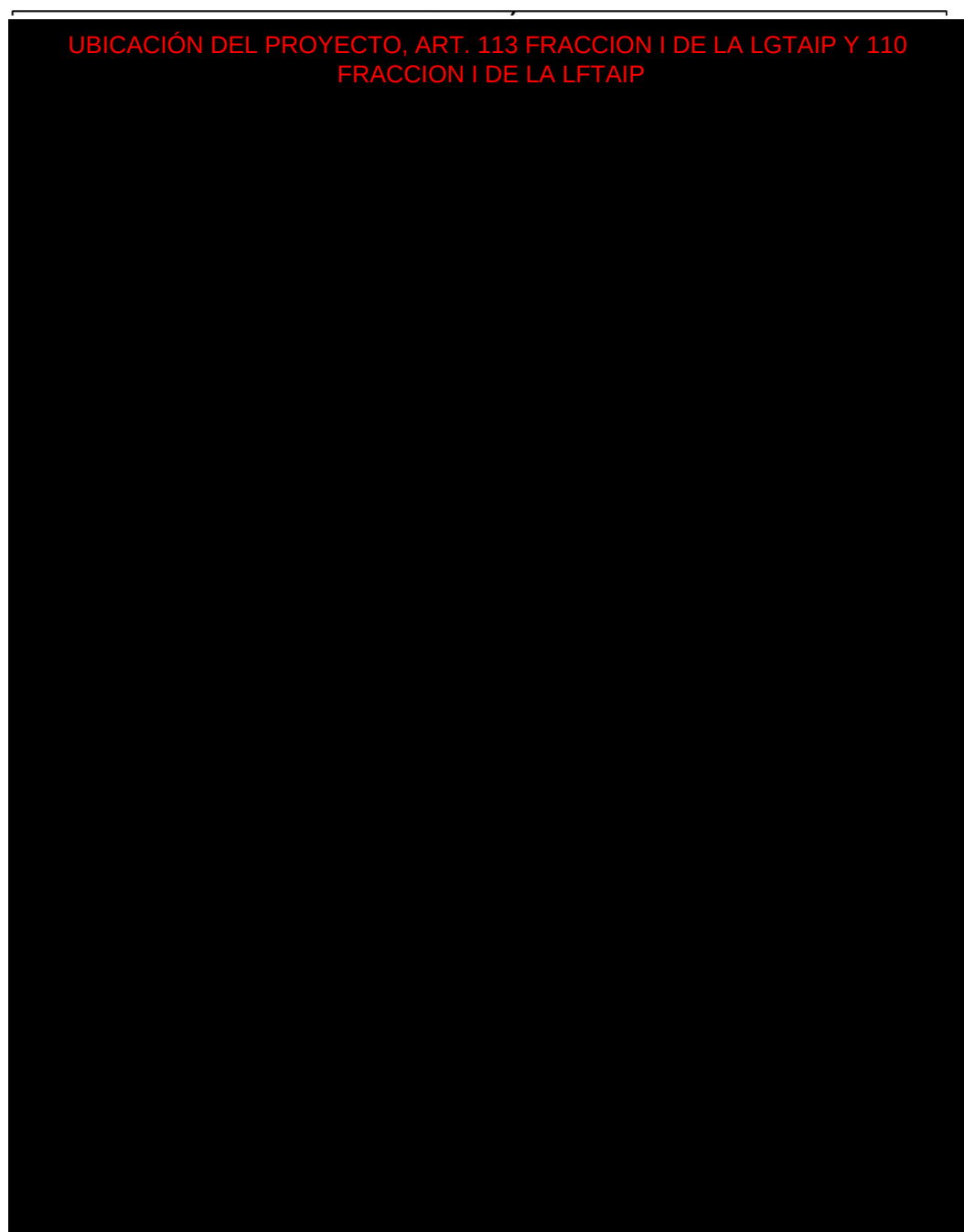


Figura 9.5 Sequía.

Otros fenómenos naturales.

El sitio del proyecto se encuentra en una zona con índice de peligro alto por tormentas eléctricas; por lo cual, las operaciones de carga y descarga se suspenderán durante tormentas eléctricas. Además, como mecanismo de seguridad ante una descarga eléctrica se contará con un sistema de tierras físicas, el cual incluirá todos los tanques de almacenamiento, los carro-tanques y auto-tanques durante operaciones de carga/descarga, de conformidad con la NOM-EM-003-ASEA-2016.

Por otro lado, el índice de peligro por tormentas de granizo y por nevadas en el sitio del proyecto es muy bajo; por lo tanto, es poco probable que el funcionamiento de la planta se vea interrumpido por eventos de este tipo como se puede observar en la Figura 9.6.

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

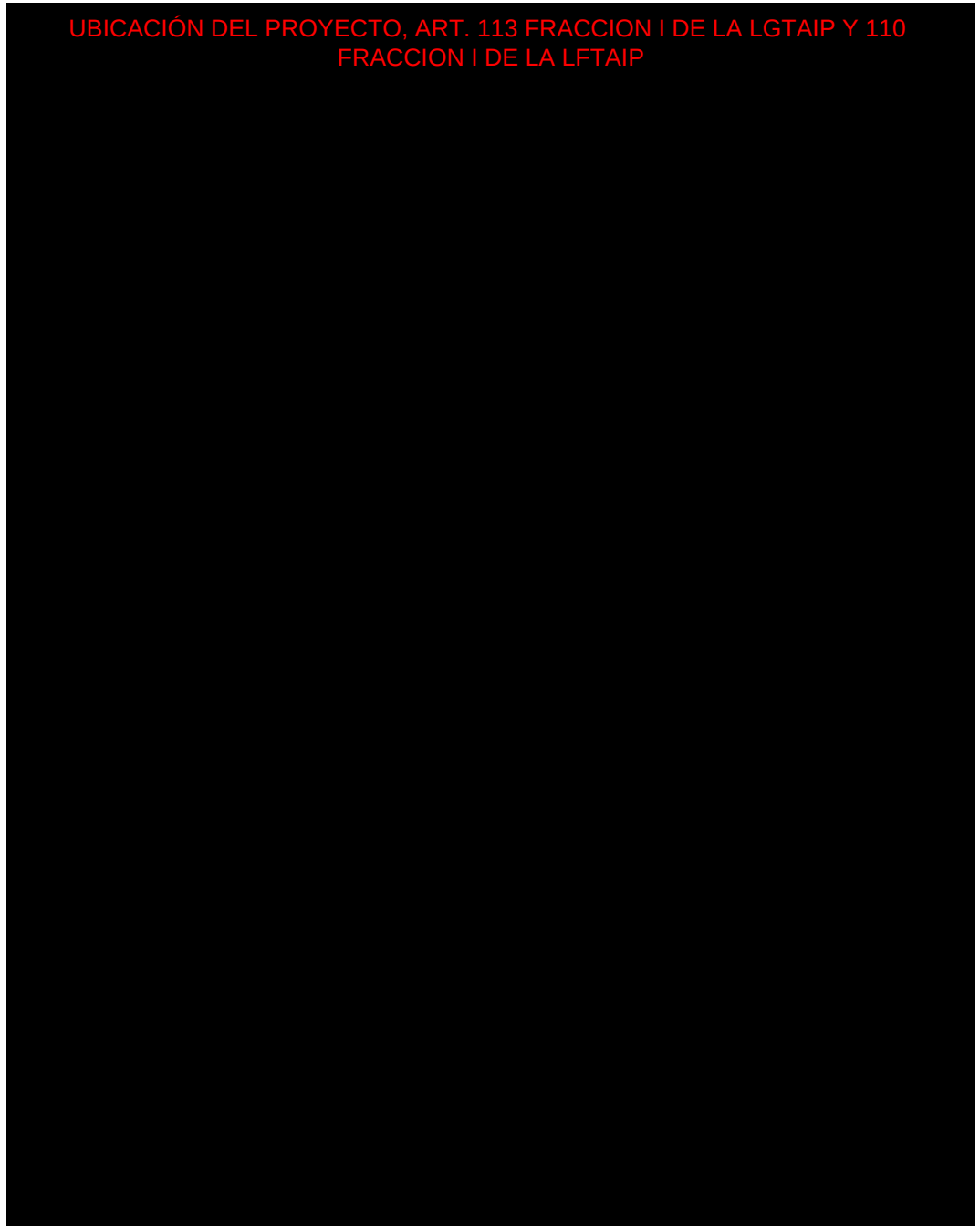


Figura 9.6 Índice de peligro por tormentas eléctricas, tormentas de granizo y nevadas nivel municipal.

Fallas y Fracturas.

El sitio del proyecto se localiza como mínimo a 12 kilómetros de fracturas, a 49 km de ejes estructurales o microtectónicos y a 62 km de fallas; por lo cual existe una baja probabilidad de un movimiento de tierra como se muestra en la Figura 9.7.

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

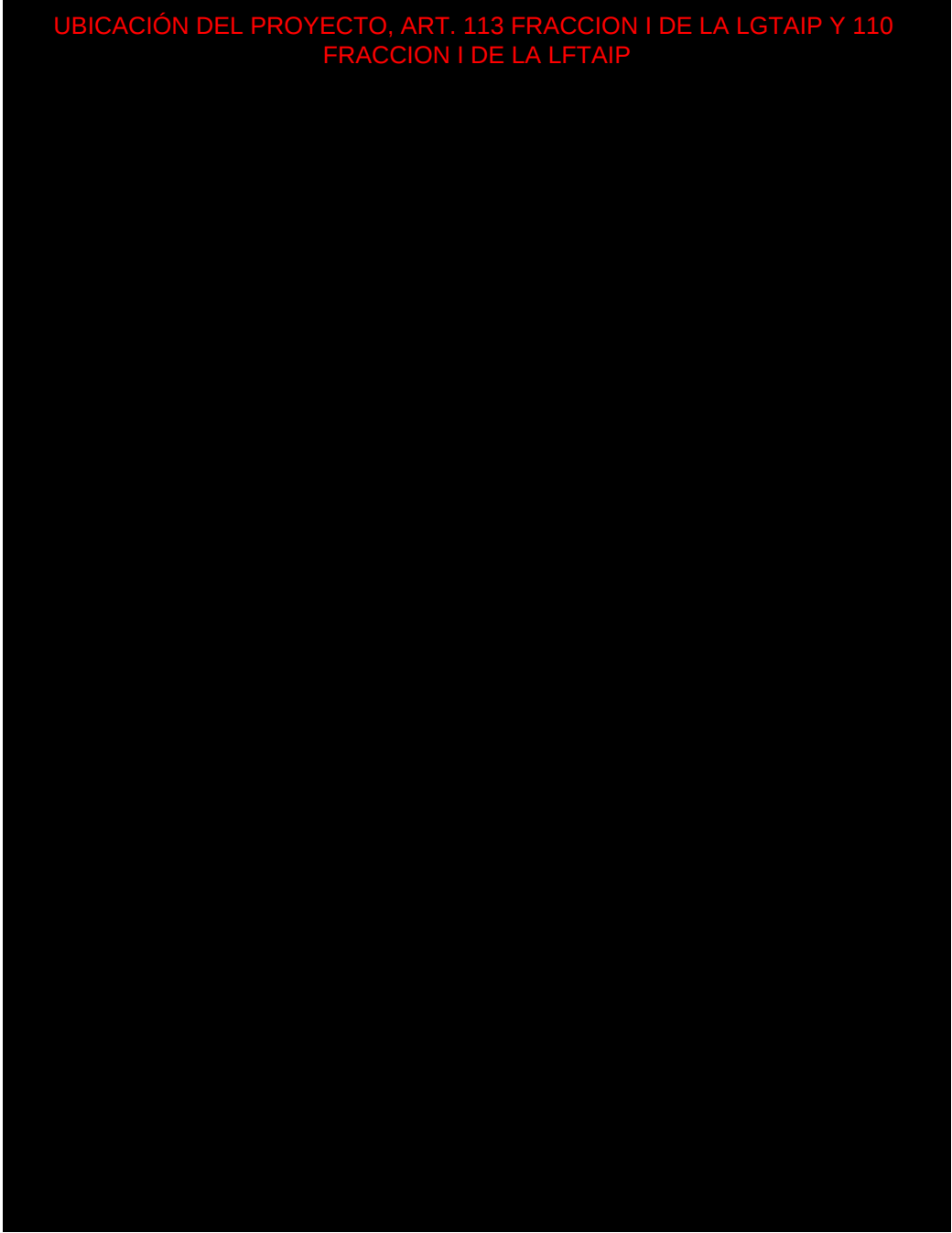


Figura 9.7 *Fallas y Fracturas.*

Terremotos, sismicidad y deslizamientos.

El sitio del proyecto se localiza en una zona donde no se tienen registros históricos ni se han registrado sismos en los últimos 80 años. Además no se encuentra dentro de la zona susceptible a hundimientos ni deslizamientos y se localiza a 100 kilómetros de las regiones potenciales a deslizamientos de laderas. En la Figura 9.8 se puede observar lo descrito anteriormente.



Figura 9.8 *Regionalización sísmica.*

Vulcanismo.

De acuerdo con el CENAPRED el volcán más cercano al área del proyecto se encuentra aproximadamente a 85 km de distancia al norte, por lo tanto no se considera un riesgo para el área del proyecto tal como se indica en la Figura 9.9.

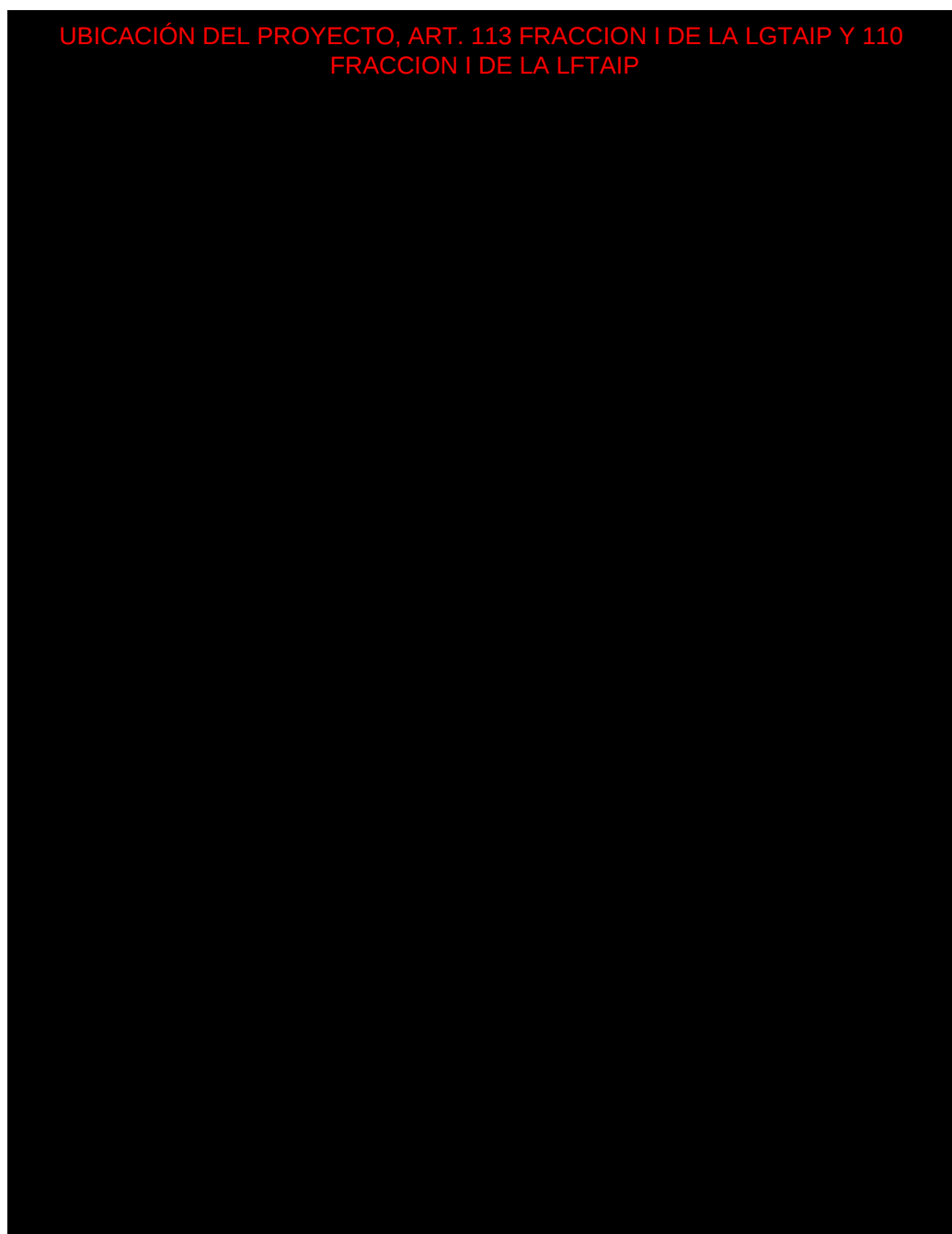


Figura 9.9
9.1.2

Volcanes en la región.
Marco normativo aplicable.

En el capítulo 3 de la MIA se presenta detalladamente la vinculación del Proyecto con leyes, reglamentos, normas y regulaciones aplicables.

En esta sección se relaciona la normatividad en materia de seguridad, higiene y medio ambiente principal que regula el Proyecto.

Tabla 9.3

Leyes Federales.

Ley	Descripción
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	El Proyecto se ajusta a estas disposiciones vinculantes y para ello presenta a la autoridad competente la Manifestación de Impacto Ambiental así como el Estudio de Riesgo correspondiente.
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	El Proyecto desarrollará obras que se ubican en zonas con vegetación forestal, el Promoviente ha elaborado el Estudio Técnico Justificativo (ETJ) correspondiente para poder tramitar el cambio de uso de suelo. Se llevarán a cabo medidas de mitigación y el pago de la compensación que marque la autoridad correspondiente una vez que dicho ETJ sea evaluado y dictaminado.
Ley General de Vida Silvestre	La parte del Proyecto que rodea al manglar será construida sobre infraestructura existente, de manera que no afecta la integridad del flujo hidrológico del manglar, del ecosistema y de su zona de influencia. Dentro del Capítulo 4 de esta MIA-R se presentan las especies de fauna silvestre presentes en el Sistema Ambiental Regional (SAR) y el Área del Proyecto (AP). Mientras que en el Capítulo 6 se desarrollan las medidas de mitigación para velar por la protección de las especies de flora y fauna.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	De acuerdo a las actividades que se realizarán durante las diferentes etapas del Proyecto se generarán residuos peligrosos derivados del mantenimiento de equipo, maquinaria y vehículos dentro del área del proyecto. Dichas actividades generarán residuos peligrosos los cuales serán manejados a través de planes de acuerdo a lo establecido en la presente Ley. El Promoviente manejará los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en apego a la legislación aplicable.
Ley de Aguas Nacionales	Durante las actividades de preparación del sitio y construcción se contará con sanitarios móviles para los trabajadores de la obra, cuya limpieza estará a cargo de la compañía con quien se rentan los sanitarios, misma que será supervisada por la empresa responsable de la construcción. Durante la etapa de operación y mantenimiento se vigilará que los residuos sean manejados en apego a la legislación aplicable.
Ley de Hidrocarburos	El Promoviente obtendrá los permisos a los que se refieren los artículos 48, 50, 51, 70, 71, 118, 119 y 120 derivado de las actividades que este desarrollará.
Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario	El Promoviente obtendrá la concesión y aprobación requerida para la construcción y operación de una espuela la cual se empleará para el transporte de petroquímicos petrolíferos.

Tabla 9.4

Reglamentos Federales.

Reglamento	Descripción
Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental	Debido a la naturaleza del Proyecto, se somete a evaluación ante la autoridad competente la presente Manifestación de Impacto Ambiental en la Modalidad

Reglamento	Descripción
	Regional, que contiene todos los puntos establecidos en el Artículo 13 de este Reglamento; adicionalmente se presenta un Estudio de Riesgo y un Estudio Técnico Justificativo, debido a que el desarrollo del Proyecto implica hacer cambio de uso de suelo en terrenos forestales.
Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera	El Promovente vigilará que durante todas las etapas del Proyecto no se excedan los límites máximos establecidos en la normatividad aplicable. Adicionalmente aplicará una serie de medidas de manejo y mitigación ambiental (incluyendo el sistema de recuperación de vapor) de manera que el impacto a la atmósfera derivado de las actividades sea insignificante.
Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	El Proyecto tiene contemplada en su diseño, la remoción de vegetación forestal; por este motivo Promovente implementará una serie de medidas de mitigación y compensación para los impactos que se ocasionen durante y después de las actividades de preparación del sitio, estas medidas se encuentran detalladas en el Capítulo 6 del presente estudio. De igual manera, el Promovente presentará a evaluación el correspondiente Estudio Técnico Justificativo para obtener la autorización de Cambio de Uso de Suelo Forestal, conteniendo toda la información especificada en estos artículos.
Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	Para su clasificación, manejo, almacenamiento y disposición se cumplirá con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento, así como las normas oficiales mexicanas correspondientes, tal y como se presenta en secciones posteriores de este capítulo. Cuando se empiecen a generar residuos peligrosos, se tramitará ante la ASEA el registro como empresa generadora de residuos peligrosos, bajo la categoría que le corresponda.
Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales	Durante las actividades contratará el servicio de sanitarios portátiles para los trabajadores de la obra, cuya limpieza y disposición de residuos correrá a cargo de la compañía con quien se rentan los sanitarios, misma que será supervisada por la empresa responsable de la construcción. De manera, que durante la etapa de construcción no habrá descargas a cuerpos de agua. Durante la etapa de operación y mantenimiento se vigilará que los residuos sean manejados en apego a la legislación aplicable, haciendo las descargas al drenaje, evitando así la contaminación a cuerpos de agua.
Reglamento del Servicio Ferroviario	El Proyecto contará con personal calificado para realizar la supervisión de las vías férreas, de las señales y de las instalaciones y sistemas de telecomunicaciones. El Promovente informará a la

Reglamento	Descripción
	SCT la iniciación de obras de acuerdo a lo descrito en el presente reglamento.

Tabla 9.5

Normas Oficiales Mexicanas (NOMs).

NOM	Descripción
NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	El agua que se generara durante la etapa de del sitio será tratada en el CPI y descargada al océano después de tratamiento y verificación de las muestras estén dentro de los parámetros establecidos en esta norma.
NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado.	El agua que se utilizará durante la etapa de preparación y construcción del sitio será en su mayoría agua proveniente de los sanitarios móviles. Esta será dispuesta por una empresa autorizada para dicha actividad, la cual vigilará que las descargas cumplan con dicha norma.
NOM-006-CNA-1997, Fosas sépticas prefabricadas - Especificaciones y métodos de prueba.	El agua sanitaria generada durante la fase de operación será tratada de acuerdo a lo establecido en la normatividad aplicable
NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.	Los residuos peligrosos que se lleguen a generar en el Proyecto durante la etapa de preparación del sitio y construcción a cargo del Promovente, serán clasificados de conformidad con esta NOM, para determinar la forma de manejo que debe darse a cada uno de ellos. La clasificación y manejo de los residuos peligrosos se hará de acuerdo con sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad al ambiente, inflamabilidad y actividad biológica y de acuerdo con lo establecido en la NOM-052-SEMARNAT-2005 y en la LGPGIR y su reglamento.
NOM-054-SEMARNAT-1993, Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.	Todos residuos peligrosos generados durante la preparación del sitio y construcción, se almacenarán en contenedores adecuados a sus características de peligrosidad. La disposición se realizará a través de empresas autorizadas para el manejo, transporte y disposición final.
NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo	Esta NOM ha sido considerada en la identificación de las especies de flora y fauna bajo alguna categoría de riesgo, cuyo listado se muestra en el Capítulo 4. La identificación realizada, servirá para garantizar que durante las diferentes actividades del proyecto se procure el cuidado de los organismos considerado en la NOM. El listado de las especies encontradas y la forma de manejo que deba darse a estas estarán incluidos en el Programa de Rescate y Reubicación de Fauna y en el Programa de Reubicación y Trasplante de Vegetación, que el Promovente adoptará para el Proyecto.
NOM-EM-003-ASEA-2016, que establece las especificaciones y criterios técnicos de Seguridad Industrial,	El Promovente cumplirá con las especificaciones aplicables sobre el diseño de la instalación, ubicación del predio (se localizará en una zona industrial

NOM	Descripción
Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente para el Diseño, Construcción, Pre-Arranque, Operación y Mantenimiento de las instalaciones terrestres de Almacenamiento de Petrolíferos, excepto para Gas Licuado de Petróleo.	compatible en cuanto al uso de suelo); se contemplará lo previsto en el apartado de distribución (la MIA tomará en cuenta las medidas de mitigación derivadas del análisis de riesgo). El Promovente tomará en cuenta los parámetros de distancia, entrega, construcción, diseño, pre arranque y mantenimiento establecidos en la NOM aplicable.
NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización), Artículo 500	El Promovente cumplirá con los requisitos establecidos en esta NOM para garantizar la seguridad de las personas y los bienes contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas en el proyecto.
NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.	El Promovente cumplirá con todos los requisitos establecidos por esta NOM para la prevención y protección contra incendios.
NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	El Promovente cumplirá con todos los requisitos establecidos por esta NOM para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
NOM-020-STPS-2011, Recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad.	El Promovente cumplirá con todos los requisitos establecidos por esta NOM para la generación de los expedientes correspondientes para todos los recipientes sujetos a presión manejados.
NOM-022-STPS-2015, Electricidad Estática en los Centros de Trabajo- Condiciones de Seguridad	El Promovente cumplirá con las condiciones de seguridad en esta NOM para prevenir los riesgos por acumulación de electricidad estática, así como por descargas eléctricas atmosféricas en las instalaciones y durante el desarrollo de las actividades del proyecto.
NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.	El Promovente cumplirá con las condiciones de seguridad en esta NOM para la identificación de los tanques de almacenamiento y las tuberías con sustancias químicas.
NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.	El Promovente cumplirá con las condiciones de seguridad en esta NOM para las sustancias químicas que necesiten la aplicación de la administración de seguridad en procesos.
NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.	El promovente cumplirá con las condiciones de seguridad establecidas en esta NOM para la realización de actividades de mantenimiento de las instalaciones eléctricas del proyecto, a fin de evitar accidentes al personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.

9.1.3

Proyecto civil.

El diseño civil considerará los aspectos meteorológicos, la presencia y frecuencia de fenómenos naturales en el sitio del Proyecto, el tipo de suelo, la orografía, la

aplicación de normas, reglamentos y códigos de construcción vigentes (ver sección 9.1) y las medidas de seguridad.

Se contratará a una empresa especialista para llevar a cabo la edificación de las diferentes áreas, así como la completa integración de los sistemas para la construcción del sistema de almacenamiento y distribución de combustible. Se utilizarán estructuras de concreto pre-coladas, las cuales se elaborarán mediante el vaciado de concreto a una trabe armada con varillas de metal, esto se hace a través de inyección del concreto por medio de una bomba de desplazamiento positivo, estos se mantienen en reposo para su fraguado. El uso de estructuras de concreto pre-coladas, es la más adecuada, ya que permite un mayor control sobre el fraguado del concreto, acorta tiempos de construcción, limita los trabajos en altura disminuyendo la exposición de los trabajadores a riesgos y aumenta la calidad del producto final. Se dará preferencia al uso de cimbras metálicas permanentes.

Las principales actividades de esta fase consistirá en:

- Caminos de acceso
- La instalación de controles de erosión
- Desmonte y Despalme
- Excavaciones, Compactaciones y Nivelaciones
- Cortes y Rellenos
- Obras e instalaciones provisionales del proyecto
- Obras generales de construcción e instalaciones
- Tanques de almacenamiento de combustibles
- Bardas o delimitación del predio

Caminos de acceso.

Los accesos y caminos vecinales son suficientes para facilitar el acceso al proyecto. Un camino asfaltado y empedrado se construirá dentro del área del proyecto para proveer acceso al equipo de construcción y mantenimiento durante la operación del Proyecto.

Controles de Erosión.

Se llevarán a cabo las mejores prácticas internacionales para el control de la erosión y escorrentías durante las actividades de movimientos de tierra. Las obras de control serán temporales hasta el momento de que las áreas sujetas de protección sean estabilizadas y provistas con medidas de control permanente.

Estas medidas incluyen:

- Trampas o cuencas de sedimento
- Rejas geotextiles de limos
- Entradas de construcción estabilizadas
- Taludes estabilizados mediante tablestacado

Los controles permanentes de erosión serán diseñados e instalados para diques y pendientes, tales como bancos de piedras, el sembrado de pasto y se realizará un cubrimiento de la superficie con piedra una vez que se complete la construcción del dique o pendiente correspondiente.

Desmante y despalme.

El sitio será despejado de vegetación y cualquier otro material orgánico. La capa superficial de suelo será (30-50 cm de espesor) será removida y almacenada en el sitio para uso futuro. El equipo a utilizar se seleccionará dependiendo del tipo de material y el espesor de la capa a retirar.

Dado que la vegetación forestal será desmontada, se tomarán las medidas compensatorias por esta obra.

Excavaciones, compactaciones y nivelaciones.

Una vez despalmada la vegetación, el sitio será evaluado para minimizar la generación de material excavado y posterior disposición. Tentativamente se llevará a cabo la excavación puntual con maquinaria menor hasta alcanzar 2 m de profundidad mediante el uso de un equipo *bulldozer o maquinaria similar*. Esta excavación será útil para la preparación del suelo para la instalación de las estructuras de concreto, tubería de proceso, drenajes, canales, cuenca, fosas y cimentaciones de edificios y trincheras, entre otros.

Cortes y rellenos.

No se llevarán a cabo cortes en el sitio, pues este no tiene pendientes pronunciadas; sin embargo, se llevarán a cabo actividades de relleno en un área extensa con material de banco el cual será compactado al 100% mediante vibro-compactadoras individuales (Bailarinas), en capas de 20 cm.

Obras generales de construcción e instalaciones.

Se realizará la instalación de las siguientes obras:

- Cimientos de concreto para la nave de almacenamiento de combustibles
- Edificio administrativo/de control y almacén
- Sistema de interceptor de placas corrugadas (CPI)
- Espolón para ferrocarril
- Se construirá una nueva oficina, la cual albergará al personal encargado durante la operación.

En el caso de la espuela de ferrocarril se requiere con capacidad para acomodar la carga simultánea de 13 carros de ferrocarril. Estará equipada con brazos de carga de combustible, cada carro de ferrocarril contará con dos (2) brazos de carga por cada estación, correspondientes a gasolina, Diésel, MTBE y Etanol. Cada brazo contará con equipos de medición. Esta nueva espuela será derivada de las vías existentes que pasan cercanas al sitio de construcción.

El diseño de las nuevas vías de ferrocarril incluidas en el alcance se basará en los datos de las vías existentes, cumpliendo con las normas correspondientes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). El promovente se asegurará que la compañía a cargo de la construcción esté en cumplimiento con las normas referentes a SCT.

Tuberías de transporte de combustible de muelle hacia granja de tanques.

Valero no estará a cargo de la operación de la descarga del buque-tanque en el muelle; la responsabilidad de Valero en esta operación comenzará a partir de la “válvula de control de custodia del producto (VCCP) y tuberías de transporte”. En un inicio contará con tres líneas de 24” de acero al carbón, inmediatamente después de su conexión, con los brazos de carga correrán por debajo del muelle en una longitud de 5.4 m, para posteriormente alojarse en una trinchera de concreto armado en una longitud de 23.4 m; una vez recorrida la distancia mencionada, por medio de conexiones soldables del mismo material y diámetro, se desviará su trayectoria hacia arriba para continuar su recorrido de manera superficial. Inmediatamente después de efectuada la transición, la línea que transporta gasolinas se bifurcará por medio de un juego de válvulas, para separar en gasolina regular y gasolina premium, con esto pasaran de tres a cuatro líneas de acero al carbón de 24” de diámetro, a partir de este punto; para este recorrido superficial se construirán mochetas de concreto armado que soportarán las tuberías mencionadas recorriendo de esta manera una longitud de 131.3 m, al término de esta distancia nuevamente se desviará su trayectoria hacia arriba para continuar en forma aérea, sostenida por un puente de acero estructural conformado en dos secciones, esto con la finalidad de librar el paso de calles y vías de FFCC, la longitud del recorrido de manera aérea será de 46.7 m, una vez recorrida esta distancia nuevamente habrá una transición hacia abajo para pasar de tuberías aéreas a superficiales continuando así hasta su conexión con los tanques correspondientes.

Tanques de almacenamiento de combustibles.

Las especificaciones de los tanques de almacenamiento de combustible se encuentran en la sección 9.1.4.

Bardas o delimitación del predio.

El sitio estará delimitado en todo su perímetro por barda y malla ciclónica según se determine, esto con el fin de impedir el ingreso a las instalaciones de personal ajeno al proyecto. Adicionalmente, se contará con vigilancia las 24 horas para mayor seguridad en las instalaciones.

En la Tabla 9.6 se describen los materiales a utilizar en la Etapa de Preparación del Sitio y Construcción:

Tabla 9.6 *Materiales de construcción.*

Actividad	Material	Descripción	Cantidad
Preparación del sitio y construcción	Materiales pétreos		
	Madera para cimbra y triplay	Suministro por parte de bancos autorizados, material según especificaciones de diseño	Según se especifique en los catálogos de obra
	Block		
	Mortero		
	Acero de Refuerzo		
	Malla ciclónica		
	Acero estructural		
	Lámina		
	Malla Electrosoldada		
	Cemento		
Fuente: Project Description A, Valero, 2017.			

Todos los materiales de construcción serán obtenidos a través de proveedores autorizados y con los permisos vigentes.

9.1.4 *Proyecto mecánico.*

El Proyecto mecánico consiste en general, en la instalación y armado de las estructuras necesarias para la correcta operación de la planta. Se contará con sistemas de almacenamiento para gasolina Regular, Premium, Diésel, MTBE y Etanol y con sistemas de carga de auto-/ carro-tanques.

Tanques de almacenamiento.

La Tabla 9.7 muestra la capacidad de los tanques para cada producto almacenado en la Terminal.

Tabla 9.7 *Capacidad de los tanques de almacenamiento*

Producto	Volumen de depósito de diseño (bbls)
Gasolina Regular	3 @ 150,000
Gasolina Premium	1 @ 100,000
Diésel	2 @ 150,000
	1 @ 100,000
MTBE o Etanol	1 @ 150,000
Fuente: Process Design Basis - Altamira Rev E, Valero, 2018	

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Regular.

Este sistema contará con tres tanques con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles cada uno, las especificaciones de los tanques se pueden observar en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8 *Características de los tanques de almacenamiento de Gasolina Regular.*

ID	Equipo	Tipo	Diámetro interno (mm)/ Altura del tanque (mm)	Volumen (Barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-TK-001	Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
10-TK-002	Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
10-TK-003	Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.							

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Premium.

La gasolina Premium se almacenará en un tanque con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles y sus características se muestran en la Tabla 9.9.

Tabla 9.9 *Características del tanque de almacenamiento de Gasolina Premium.*

ID	Equipo	Tipo	Diámetro interno (mm)/ Altura del tanque (mm)	Volumen (Barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-TK-004	Tanque para gasolina Premium	Tanque de techo flotante	34,800/ 16,800	100,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.							

Sistema de Almacenamiento de Diésel.

Este sistema contará con dos tanques con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles cada uno más uno con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles y su descripción se encuentra en la Tabla 9.10.

Tabla 9.10 *Características de los tanques de almacenamiento de Diésel.*

ID	Equipo	Tipo	Diámetro interno (mm)/ Altura del tanque (mm)	Volumen (Barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-TK-005	Tanque para Diésel	Tanque de techo fijo	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
10-TK-006	Tanque para Diésel	Tanque de techo fijo	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión
10-TK-007	Tanque para Diésel	Tanque de techo fijo	34,800/ 16,800	100,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

Sistema de almacenamiento de Metil Terbutil Éter (MTBE) o Etanol.

Este sistema contará con un tanque con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles, este tanque almacenará de forma alternativa, tanto MTBE como Etanol, y su descripción se encuentra en la Tabla 9.11.

Tabla 9.11 *Características de los tanques de almacenamiento de MTBE o Etanol.*

ID	Equipo	Tipo	Diámetro interno (mm)/ Altura del tanque (mm)	Volumen (barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-TK-008	Tanque para Metil Terbutil Éter o Etanol	Tanque de techo fijo	42,600/ 16,800	150,000	85	0.75/ -0.25	Acero al carbón + 1.5 mm tolerancia de corrosión

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

Sistema de carga de carro-tanques.

Este sistema tendrá la capacidad de llenar simultáneamente 13 carro-tanques, contará con brazos de carga para la línea de gasolina Regular/Premium, diésel, MTBE y Etanol. Las especificaciones de dichos brazos se pueden observar en la Tabla 9.12.

Tabla 9.12 *Brazos de carga de producto a carro-tanques.*

ID	Equipo	Material	Tipo de fluido	Flujo de diseño (m³/h)	Gravedad específica y	Viscosidad (cP)	Temp de diseño (°C)	Presión de
----	--------	----------	----------------	------------------------	-----------------------	-----------------	---------------------	------------

					temp de operación			diseño (kPag)
10-LA-001 A-Z	Brazos de carga para carro-tanques sobre rieles	Acero al carbón	Gasolina regular/Premium, Diésel, MTBE y Etanol	136	0.72-0.79 @ 38°C	0.4-2.0	85	690
10-LA-002 A-Z	Brazos de carga para carro-tanques sobre rieles	Acero al carbón	Gasolina regular/Premium, Diésel, MTBE y Etanol	136	0.72-0.79 @ 38°C	0.4-2.0	85	690

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

Sistema de carga de auto-tanques.

Este sistema tendrá capacidad para llenar dos auto-tanques simultáneamente, contará con 6 brazos de carga para ambas líneas de gasolina (Regular y Premium), 4 brazos de carga para la línea de diésel.

Para el sistema de carga de auto-tanques se contará con brazos de carga de producto, como se describe en la Tabla 9.13.

Tabla 9.13 *Brazos de carga de combustible de auto-tanques.*

ID	Equipo	Material	Tipo de fluido	Flujo de diseño (m³/h)	Gravedad específica y temp de operación	Viscosidad (cP)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)
10-LA-004 A-F	Brazos de carga de gasolina para auto-tanques sobre carretera	Acero al carbón	Gasolina	136	0.79 @ 38°C	2.0	85	690
10-LA-005 A-D	Brazos de carga de diésel para auto-tanques sobre carretera	Acero al carbón	Diésel	136	0.79 @ 38°C	2.0	85	690

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

Bombas de carga para auto-/ carro-tanques.

Este sistema contará con bombas de carga para gasolina Regular, gasolina Premium, Diésel, MTBE y Etanol con las características que se mencionan en la Tabla 9.14.

Tabla 9.14 *Características de las bombas de carga.*

ID	Equipo	Tipo	Flujo normal/nominal (m³/h)	Diferencia de presión nominal (kPag)	Diferencia del cabezal nominal (m)	Gravedad específica y temp de operación	Potencia estándar del motor (Kw)	Nota
10-P-001-A	Bomba de carga de gasolina regular	C	273/300	310	43.9	0.72 @ 38°C	55.9	
10-P-001-B	Bomba de carga de gasolina regular	C	273/300	310	43.9	0.72 @ 38°C	55.9	
10-P-001-C	Bomba de carga de gasolina regular	C	273/300	310	43.9	0.72 @ 38°C	55.9	Puede ser respaldo para 10-P-002
10-P-002	Bomba de carga de gasolina Premium	C	273/300	310	43.9	0.72 @ 38°C	55.9	10-P-001-C puede ser respaldo para 10-P-002
10-P-003-A	Bomba de carga de diésel	C	273/300	310	40.1	0.79 @ 38°C	55.9	
10-P-003-B	Bomba de carga de diésel	C	273/300	310	40.1	0.79 @ 38°C	55.9	
10-P-003-C	Bomba de carga de diésel	C	273/300	310	40.1	0.79 @ 38°C	55.9	
10-P-004-A	Bomba de carga de gasolina regular	C	1,772/1,949	310	43.9	0.72 @ 38°C	335.6	10-P-004-B puede ser respaldo para 10-P-006
10-P-004-B	Bomba de carga de gasolina regular	C	1,772/1,949	310	43.9	0.72 @ 38°C	335.6	10-P-004-B puede ser respaldo para 10-P-006
10-P-005-A	Bomba de carga de gasolina	C	11.4	359	49.6	0.72 @ 38°C	3.73	
10-P-005-B	Bomba de carga de gasolina	C	11.4	359	49.6	0.72 @ 38°C	3.73	
10-P-006	Bomba de carga de gasolina premium	C	1,772/1,949	310	43.9	0.72 @ 38°C	335.6	10-P-004-B puede ser respaldo para 10-P-006
10-P-007-A	Bomba de carga de diésel	C	1,772/1,949	310	40.1	0.79 @ 38°C	335.6	
10-P-007-B	Bomba de carga de diésel	C	1,772/1,949	310	40.1	0.79 @ 38°C	335.6	

ID	Equipo	Tipo	Flujo normal/nominal (m³/h)	Diferencia de presión nominal (kPag)	Diferencia del cabezal nominal (m)	Gravedad específica y temp de operación	Potencia estándar del motor (Kw)	Nota
10-P-008-A	Bomba de carga de MTBE o etanol	C	61/67	450/310	63.8	0.72 @ 38°C	18.6	
10-P-008-B	Bomba de carga de MTBE o etanol	C	61/67	450/310	63.8	0.72 @ 38°C	18.6	
10-P-008-C	Bomba de carga de MTBE o etanol	C	61/67	450/310	63.8	0.72 @ 38°C	18.6	
10-P-009-A	Bomba de carga de MTBE o etanol	C	1,772/1,949	310	43.9	0.72 @ 38°C	335.6	
10-P-009-B	Bomba de carga de MTBE o etanol	C	1,772/1,949	310	43.9	0.72 @ 38°C	335.6	

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

C = Centrífuga

En el Anexo 2.2 se muestra la distribución de equipos indicados en la presente sección en el área del Proyecto.

En el Anexo 2.4 se incluyen los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) del proyecto mecánico.

Sistema eléctrico.

Para el correcto funcionamiento del sistema mecánico, el proyecto contará con un sistema de alimentación eléctrica (acometida) proporcionado por un tercero, con un voltaje de 13,200 Volts, la distribución del sistema es como sigue:

- Una vez que la energía sea recibida desde la acometida en sitio será canalizada por el transformador eléctrico 10-TR-001 que bajará la tensión a 4,160 Volts. La energía será distribuida con este voltaje al centro de control de motores 10-MVMCC que es en donde se distribuye la energía eléctrica a las bombas principales para el transporte del combustible.
- Otra parte de la energía proveniente del transformador 10-TR-001 es enviada al transformador 10-TR-002 que baja la tensión nuevamente, hasta un voltaje de 480 Volts. Y distribuye energía a 2 cuartos de control de motores; 10-LVMCC y 10-ELVMCC. Ambos cuartos de control de motores alimentan bombas secundarias, válvulas eléctricas, iluminación y sistema de aire acondicionado.
- En caso de falla en el sistema principal de alimentación eléctrica, el sistema incluirá el generador de emergencia 10-GEN-001 que funciona con

Diésel y proporcionará una potencia de 2,000 KW y una tensión de 4,160 Volts.

9.1.5 *Proyecto sistema contra-incendio.*

La Terminal de Distribución de Altamira contará con un sistema fijo contra incendio. La red fue diseñada basándose en los estándares de la NFPA (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios, por sus siglas en inglés). El agua necesaria para la protección contra incendio será transportada por un sistema de tubería de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), con el tamaño de acuerdo con cálculos hidráulicos (16" y 12" de diámetro) y para cumplir con las demandas de agua conforme a los escenarios base de emergencia. El agua de mar será utilizada en caso de emergencia; en lugares donde el uso del agua de mar no sea apropiada, sustancias alternativas o agentes químicos serán considerados para el combate potencial de fuegos. El sistema estará integrado por:

- **Bombas contra incendio.** Las bombas serán de tipo de turbina vertical, a excepción de la bomba Jockey, en la Tabla 9.15 se muestran las características de dichas bombas.

Tabla 9.15 *Bombas contra incendios.*

ID/ Equipo	Características	
10-P-051-A/ Bomba de combustión	Capacidad	560 kW
	Caudal	1,136 m³/hr
	Presión	1,191 kPa
10-P-051-B/ Bomba de combustión	Capacidad	560 kW
	Caudal	1,136 m³/hr
	Presión	1,191 kPa
10-P-051-C/ Bomba eléctrica	Capacidad	560 kW
	Caudal	1,136 m³/hr
	Presión	1,191 kPa
10-P-054/ Bomba Jockey (Bomba centrífuga)	Capacidad	29.8 kW
	Caudal	34.1 m³/hr
	Presión	1,247 kPa
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.		

- **Hidrantes y Monitores.** El sistema de distribución de agua contra incendio incluirá hidrantes y monitores de la siguiente forma: cuatro (4) monitores con espuma para hidrocarburos, nueve (9) monitores de agua, diez (10) hidrantes y cuatro (4) sistemas de distribución "manifolds". Además, contará con dos sistemas para la pulverización del agua y sistema de espuma de alta expansión.

- **Sistema de supresión.** Además del sistema fijo antes descrito, las instalaciones contarán con un sistema automático contra incendio, distribuido de la siguiente forma:
 - Sistema de rociadores en el área de oficinas
 - Sistema de supresión contra incendios, agente limpio (FM-200) en el cuarto de control
 - Sistema de supresión contra incendios, agente limpio (FM-200) en el edificio eléctrico
 - Sistema de rociadores en el área de mantenimiento
- **Sistema de detección.** El sistema contra incendio es parte integral de la Terminal e incluye detección (detectores de gas tipo IR (Infra Rojo), detectores de flama tipo Multi-Espectro), notificaciones manuales (estaciones manuales) así como alarmas Audibles. Todo ello distribuido a lo largo de las instalaciones del Proyecto.
- **Equipos móviles contra incendio.** Las instalaciones contarán con extintores portátiles apropiados de acuerdo con los riesgos identificados en la terminal. La distribución de estos equipos se describe a continuación:
 - 11 extintores de polvos químicos de bicarbonato de potasio (Purple K)
 - 4 extintores de polvos químicos de fosfato de mono amonio (Foray)
 - 2 extintores de dióxido de carbono
 - 2 extinguidores de 150 libras de bicarbonato de potasio (Purple K) equipados con ruedas².

Al momento del desarrollo de la ingeniería, se tienen considerados este número de extintores; pero este valor puede ser ajustado para cumplir con la normatividad aplicable cuando inicien las operaciones de la instalación.

El radio de cobertura del sistema contra incendio en la Terminal, es suficiente para atender una posible emergencia en el área de tuberías en el muelle.

En el Anexo 2.5 se muestran los diagramas de localización de los componentes más relevantes del sistema contra incendio en su versión preliminar más reciente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO.

Las operaciones básicas dentro de las instalaciones de la empresa, consisten en la recepción, almacenamiento y descarga de combustibles (diésel, gasolina, MTBE y Etanol). Para cada uno de los combustibles y sustancias químicas se cuenta con un proceso de almacenamiento, además de los sistemas auxiliares que soportan el funcionamiento de la Terminal, los principales sistemas se describen a continuación:

Sistema de descarga de buque-tanque hacia Terminal de distribución.

Antes de comenzar con la descripción de esta operación, debe especificarse que Valero no está a cargo de la descarga del buque-tanque en el muelle; sino que las instalaciones y la operación, pertinente a la competencia de Valero, comienza desde la válvula donde se hace la transferencia oficialmente de producto y tuberías hacia la granja de tanques.

Ahora, las instalaciones que competen a Valero comienzan con las tuberías de transporte de químicos que van desde el muelle hasta los tanques de almacenamiento. El proyecto de almacenamiento de combustibles contempla una embarcación de diseño hasta de 50,000 m³ (300 kbbls) clasificado con "Tanker MR1", esta embarcación tendrá una rotación de hasta seis veces por mes para un total de hasta 72 veces al año. Las líneas de descarga serán a base de tubería y conexiones de acero al carbón de 24" de diámetro. El recorrido del "rack" de tuberías empezará en el muelle donde se instalaran tres brazos de carga, a estos brazos de carga estarán conectadas tres tuberías, las cuales se utilizarán para el transporte de: diésel, MTBE, Etanol y Gasolina Regular/ Premium. Estas tres líneas, inmediatamente después de su conexión, con los brazos de carga correrán por debajo del muelle, para posteriormente alojarse en una trinchera de concreto armado; una vez recorrida la distancia mencionada, serán separadas en una línea más, llegando a la granja de tanques cuatro líneas, la línea extra será usada para la descarga en los tanques de los dos tipos de gasolinas. Estas líneas tendrán la capacidad de transportar los combustibles a un flujo de 3,180 m³/hr a una velocidad de 3.5 m/s; con lo cual la descarga total de la embarcación se podrá hacer en 16 horas. En la siguiente figura puede verse la distribución antes mencionada:

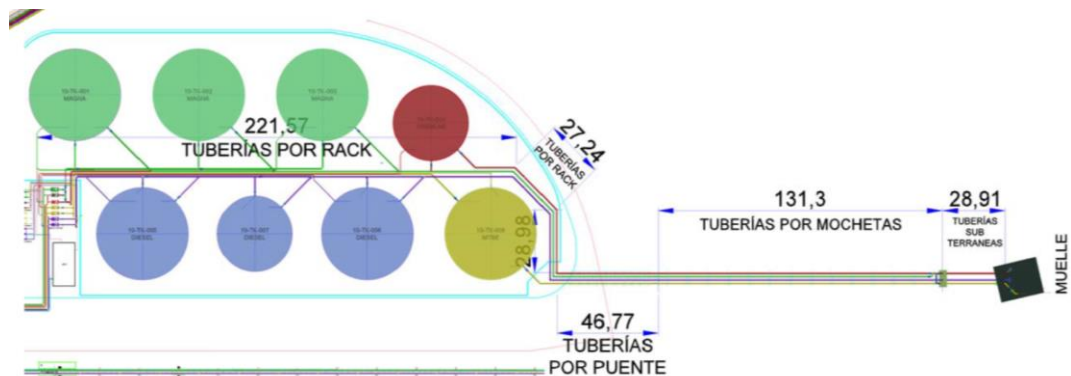


Figura 9.10 *Distribución de la Terminal de Combustibles y químicos desde Muelle.*

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Regular.

Este sistema contará con tres tanques de techo flotante, con capacidades de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 millones de Litros [MM L]) cada uno. El sistema de descarga de gasolina hacia los tanques incluirá una válvula de control de custodia del producto y tuberías de transporte. Tendrá tres bombas de carga a auto-tanques (dos operando y una de respaldo) para transferir gasolina de los tanques de almacenamiento al sistema de carga de auto-tanques; mientras que se tendrán dos bombas para la carga de carro-tanques (una operando y otra de respaldo) usadas para transferir gasolina desde los tanques de almacenamiento a los carro-tanques. La capacidad de las bombas permiten la carga de 13 carro-tanques y dos auto-tanques de forma simultánea.

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Premium.

Este sistema contará con un tanque de techo flotante, con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles (15.9 MM L). El sistema de descarga de gasolina hacia los tanques incluirá una válvula de control de custodia del producto y tuberías de transporte. Habrá una bomba de transferencia para la carga de gasolina desde el tanque hacia los auto-tanques y otra bomba para la carga de gasolina de tanque hacia carro-tanques. Existirá una línea entre los tanques para permitir el almacenamiento de gasolina premium en tanques de gasolina regular. Una de las bombas de gasolina regular se puede usar para gasolina premium y de esta forma usar el sistema de carga de auto-tanques y carro-tanques de gasolina regular para cargar gasolina premium. La capacidad de la bomba de carga de gasolina premium es para cargar 13 carro-tanques y dos auto-tanques de manera simultánea.

Sistema de Almacenamiento de Diésel.

Este sistema contará con tres tanques de techo fijo, dos de estos tanques con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 MM L) cada uno y el tanque restante con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles (15.9 MM L). El sistema de descarga de gasolina hacia los tanques incluirá una válvula de control de custodia del producto y tuberías de transporte. Tendrá tres bombas de carga a auto-tanques (dos operando y una de respaldo) para transferir diésel de los tanques de almacenamiento al sistema de carga de auto-tanques; mientras que se tendrán dos bombas para la carga de carro-tanques (una operando y otra de respaldo) usadas para transferir diésel desde los tanques de almacenamiento a los carro-tanques. La capacidad de las bombas permiten la carga de 13 carro-tanques y dos auto-tanques de forma simultánea.

Sistema de Almacenamiento de MTBE o Etanol.

Este sistema contará con un tanque de techo flotante, con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 MM L); aquí, hay que mencionar que este tanque, y todos los equipos, tuberías e instrumentos que lo acompañan podrán ser usados para almacenar tanto MTBE como Etanol. El sistema de descarga de MTBE y Etanol incluirá tuberías de transporte. Tendrá tres bombas de carga a auto-tanques (dos operando y una de respaldo) para transferir MTBE o Etanol del tanque de almacenamiento al sistema de carga de auto-tanques; mientras que se tendrán dos bombas para la carga de carro-tanques (una operando y otra de respaldo) usadas para transferir MTBE o Etanol desde el tanque de almacenamiento a los carro-tanques.

Sistema de carga de carro-tanques.

El llenado de carro-tanques se llevará a cabo sobre la espuela de ferrocarril y con ayuda de brazos de carga desde los tanques de almacenamiento hacia los carro-tanques. Este sistema tendrá la capacidad de llenar simultáneamente 13 carro-tanques. Cada estación tendrá brazos de carga para cargar gasolina, diésel, MTBE o Etanol con una capacidad de carga de cada brazo de 136 m³/h (600 GPM). El medidor de flujo estará compartido entre las dos bahías de brazos de carga para cada carga de combustible, MTBE o Etanol.

Sistema de carga de auto-tanques.

El sistema de carga de auto-tanques estará localizado en la parte oeste de la zona de tanques de almacenamiento y estará equipado con brazos de carga. El área de carga podrá tener la carga de dos auto-tanques de forma simultánea. Cada bahía de camiones tendrá tres brazos de carga de gasolina y dos de diésel con una capacidad de 136 m³/h. Cada brazo de gasolina tiene la capacidad de cargar una mezcla de gasolina regular o gasolina Premium (Gasolina con MTBE o Etanol). Habrá un medidor de flujo para cada brazo de carga.

Sistema de recuperación de vapor.

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) que se emiten durante la carga de gasolina desde los carro-tanques o auto-tanques serán tratados en el sistema de recuperación de vapor, que emplea la tecnología basada en la adsorción en carbón. El sistema de recuperación de vapor está basado en un proceso de adsorción por variación de presión (PSA, por sus siglas en inglés), el cual está equipado con dos adsorbedores de carbón activado idénticos. Los dos adsorbedores de carbón alternan entre adsorción y regeneración por medio de válvulas con actuador automático.

El flujo de vapores resultantes de la actividad de carga de carro-tanques y auto-tanques es conducido a uno de los dos adsorbedores de carbono. La mezcla combustible-aire fluye a través del adsorbedor donde el carbón activado adsorbe los vapores de combustibles. El aire continúa fluyendo a través del equipo y es liberado a la atmósfera con un contenido mínimo de vapores de combustibles.

Simultáneamente, el segundo adsorbedor se regenera fuera de línea usando una bomba de vacío de anillo húmedo. La bomba emplea una presión de vacío para desorber los vapores de combustibles del carbón, permitiendo su restauración a una condición en la que podrá volver a adsorber eficazmente los vapores de combustibles en el próximo ciclo. Con el fin de eliminar los vapores de combustibles restantes, es necesario introducir una pequeña cantidad de aire de purga para completar la regeneración. Los vapores de combustibles ricos resultantes se mezclan con el fluido de sello de la bomba de vacío, para ser descargados en un separador trifásico que separa el fluido de sellado de la bomba, el condensado de hidrocarburo y los vapores de hidrocarburo / aire no condensados.

El vapor de combustibles y el flujo condensado generados en el separador fluyen a una columna de absorción. Los vapores de combustibles / aire fluyen hacia la parte superior y a través de la columna, en la cual entran en contacto con una corriente de gasolina que fluye en sentido contrario, la cual absorbe la mayor parte de los vapores de combustibles restantes. La cantidad residual de vapores de combustibles que se sale de la parte superior de la columna se devuelve al adsorbedor de carbono donde se repite todo el proceso. La gasolina líquida enriquecida y el condensado de vapores de combustibles son bombeados de nuevo al tanque de almacenamiento de gasolina, causando un cambio mínimo en las características del producto.

El fluido del sello de la bomba es bombeado desde el separador a través de un intercambiador de calor de coraza y tubo de una etapa, donde es enfriado a través del intercambio de calor con el suministro Gasolina. El fluido de sello es entonces recirculado a la bomba de vacío para ser reutilizado. El propósito de dicho fluido es proporcionar sellado adecuado de la bomba, enfriar los sellos mecánicos de la bomba, retirar el calor de la bomba, y quitar el calor latente de los condensados de COV's.

Recolección y separación de aceite y agua residual.

El agua aceitosa del área de carga del carro-tanque y las auto-tanques se drena y se recolecta a través de un separador de aceite tipo placa corrugada (CPI, por sus siglas en inglés). El aceite retirado es bombeado a un tanque de almacenamiento, donde es retirado por medio de un auto-tanque succionador. El agua separada en el CPI es descargado al océano. El agua tratada será descargada en cumplimiento con los requerimientos ambientales vigentes.

9.2.1 *Análisis de actividades altamente riesgosas.*

De acuerdo al proceso anteriormente descrito se considera que el promovente almacenará cuatro tipos de sustancias químicas dentro del área del proyecto, como se muestra en la Tabla 9.16. Las propiedades y composición de los productos almacenados en la terminal se pueden consultar en las Hojas de Datos de Seguridad proporcionados por Valero disponibles en el Anexo 9.2.

Tabla 9.16 *Volumen total de sustancias químicas almacenadas.*

Producto	No. de tanques	Volumen por tanque (Barriles)	Volumen total (Barriles)	Volumen total (Litros)
Gasolina regular	3	150,000	450,000	71,500,000
Gasolina Premium	1	100,000	100,000	15,900,000
Diésel	2	150,000	300,000	47,700,000
Diésel	1	100,000	100,000	15,900,000
MTBE o Etanol	1	150,000	150,000	23,800,000
Fuente: Process Design Basis - Altamira Rev E, Valero, 2018.				

En la Tabla 9.17 se observa la composición del diésel reportada en las Hojas de Datos de Seguridad.

Tabla 9.17 *Composición del Diésel.*

Componente	% Peso
Combustible, diésel, no.2	85-100
Biodiésel- Ésteres metílicos de ácidos grasos	0-10
Combustibles, diésel, C9-18-alcano ramificado y lineal	0-5
n-Nonano	1-3
Octano (todos los isómeros)	1-2
Hexano (otros isómeros)	0-1
Naftalina	0-1
n-Heptano	0-1
n-Hexano	0-1
Fuente: Hojas de Datos de Seguridad. Valero, 2018	

Dado que el Diésel no está listado, se procedió a revisar los datos incluidos en la Hoja de Datos de Seguridad y se identificó que contiene Octano (2%), Hexano (1%) y Heptano (1%); estas tres sustancias son inflamables y se encuentran dentro del segundo listado de actividades altamente riesgosas. La cantidad máxima de almacenamiento por sustancia se calculó tomando en cuenta el porcentaje máximo contenido en el diésel, así como la densidad de cada una. Los valores de estas sustancias así como los de la gasolina almacenada, se presentan en la Tabla 9.18.

Tabla 9.18 *Cantidad de sustancia almacenada y cantidad de reporte.*

Sustancia	Porcentaje de sustancia en Diésel	Volumen total	Densidad (kg/L)	Cantidad total (kg)	Cantidad de reporte de los listados de AAR*	¿Supera la cantidad de reporte?
Gasolina*	N/A	550,000 Barriles (87.4 MM L)	0.72-0.775	63,000,000-67,800,000	10,000 Barriles	Sí
Diésel	N/A	400,000 Barriles (63.6 MM L)	0.79-0.84	50,200,000-53,400,000	N/A	N/A
Octano (como componente del Diésel)	2%	N/A	N/A	1,000,000-1,070,000	200,000 kg	Sí
Hexano (como componente del Diésel)	1%	N/A	N/A	502,000-534,000	20,000 kg	Sí
Heptano (como componente del Diésel)	1%	N/A	N/A	502,000-534,000	20,000 kg	Sí
Metil Terbutil Éter (MTBE)	N/A	150,000 Barriles (23.8 MM L)	0.7405	17,700,000	N/A	N/A
Etanol	N/A	150,000 Barriles (23.8 MM L)	0.792	18,900,000	20,000 kg	Sí

Fuente: Información proporcionada por el cliente, Valero-ERM, 2018.

*Para efectos de este estudio se consideró la gasolina regular y la gasolina premium como una sólo sustancia. AAR = Actividades Altamente Riesgosas.

El Diésel y el Metil Terbutil Éter (MTBE) no se encuentran considerados dentro del “Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas” publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de mayo de 1992. En el artículo 4to, sección VIII del mismo listado, se indica que deben ser reportadas las sustancias que cuenten con una cantidad de almacenamiento a partir de 10,000 kg y que cumplan con las siguientes tres especificaciones:

- Una temperatura de inflamación menor a 37.8 °C
- Una temperatura de ebullición menor a 21.1 °C

- Un a presión de vapor menor de 760 mm de Hg

Por lo cual, en la Tabla 9.19 , se realiza una comparación de las propiedades fisicoquímicas del diésel y del MTBE, de acuerdo a las Hojas de Datos de Seguridad (ver Anexo 9.2) proporcionadas por Valero, para determinar si deben considerarse dentro de este análisis:

Tabla 9.19 *Propiedades fisicoquímicas del diésel y el MTBE.*

Sustancia química	CAS*	Temp de Inflamación (°C)	Temp de ebullición (°C)	Presión de vapor (mm de Hg)	¿Cumple los criterios?
Diésel	68476-34-6	>45	280-340	< 760	No
Metil Terbutil Éter	1634-04-4	-25.5	55.2	3.05	No

Fuente: Hojas de Datos de Seguridad. Valero, 2018

* De acuerdo con el Chemical Abstract Service (CAS)

De acuerdo con la Tabla 9.18, se tienen almacenadas en sitio 5 sustancias en cantidades superiores a la cantidad de reporte, sin embargo, 3 de ellas (octano, hexano y heptano) no se encuentran almacenadas como sustancias puras, sino como sustancias componentes dentro del Diésel, por lo que las propiedades de las sustancias puras se ven afectadas; además, las cantidades totales de estas sustancias equivalen a no más del 4% que la cantidad total del diésel. Por lo anterior, se consideró representativo realizar las simulaciones de riesgo para la gasolina, considerando que las potenciales consecuencias de un escenario de octano, hexano o heptano quedarían contenidas en el de gasolina dado este hecho.

Por lo tanto, como puede observarse de la Tabla 9.16 a la Tabla 9.19, comparando las cantidades máximas de almacenamiento con las cantidades de reporte enlistadas en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas publicado por la Secretaría de Gobernación el 28 Marzo de 1990 y 4 de Mayo de 1992, respectivamente, la Terminal y las operaciones de Valero Altamira, debe considerarse de Alto Riesgo debido a que se rebasan las cantidades de reporte para el caso de:

- Etanol
- Gasolina

En seguida, en la Tabla 9.20, se presentan las características de composición de la Gasolina Regular/Premium.

Tabla 9.20 *Composición de la Gasolina Regular/ Premium.*

Componente	% Peso
Gasolina	80-100
Tolueno	0-30
Hexano (Otros isómeros)	5-25

Componente	% Peso
Xileno (o. m. p. isómeros)	0-25
Octano (todos los isómeros)	0-18.5
Etanol	0-10
1,2,4 Trimetilbenceno	0-6
n-Heptano	1-5
Pentano	1-5
Cumeno	0-5
Etilbenceno	0-5
Benceno	0-4.9
n-Hexano	0-3
Ciclihexano	0-3
Fuente: Hojas de Datos de Seguridad. Valero, 2018	

Las hojas de datos de seguridad de estos combustibles, MTBE y Etanol se incluyen como Anexo 9.2.

Las Hojas de Datos de Seguridad de los materiales utilizados en la Terminal e instalaciones relativas al Proyecto, se mantendrán disponibles en Sitio, en idioma español, y siguiendo los lineamientos que se especifican en la Norma Oficial Mexicana, NOM-018-STPS-2015, *“Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”*.

9.2.2 Almacenamiento.

Como se indicó en la sección 9.1.4, el almacenamiento de los combustibles y químicos será como se indica en la Tabla 9.21.

Tabla 9.21 Especificaciones de tanques de almacenamiento.

ID/Equipo	Características y dimensiones	Volumen (Barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Estándar de construcción	Dispositivos de seguridad
10-TK-001/ Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; techo flotante; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-002/ Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; techo flotante; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-003/ Tanque para gasolina regular	Tanque de techo flotante de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; techo flotante; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-004/ Tanque para gasolina premium	Tanque de techo flotante de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 34,800 mm A= 16,800 mm	100,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; techo flotante; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.

ID/Equipo	Características y dimensiones	Volumen (Barriles)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Estándar de construcción	Dispositivos de seguridad
10-TK-005/ Tanque para diésel	Tanque de techo fijo de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-006/ Tanque para diésel	Tanque de techo fijo de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-007/ Tanque para diésel	Tanque de techo fijo de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 34,800 mm A= 16,800 mm	100,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
10-TK-008/ Tanque para MTBE o Etanol	Tanque de techo flotante de acero al carbón con las siguientes dimensiones: D= 42,600 mm A= 16,800 mm	150,000	85	0.75/ -0.25	API 650	El tanque contará con: dique de contención; techo flotante; indicador por alto y bajo nivel, junto con alarma por bajo y alto nivel; paro de bomba por alto y bajo nivel; aterrizaje físico para disipación de electricidad estática y sistema de pararrayos. Además, tendrá una red contra incendio periférica, junto con un sistema de inyección de espuma.
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.						

Los tanques se localizarán en la parte este del sitio colindando al sur con las vías de ferrocarril y al oeste con el área de carga y descarga de carro-tanques; la distribución de cada tanque puede verse en el Anexo 2.2. Las especificaciones de los tanques se encuentran en la Tabla 9.8, Tabla 9.9 y Tabla 9.10. Todos los tanques contarán con dispositivos de medición de nivel, alarmas por alto y bajo nivel, diques de contención de derrames (como se especifica en la sección 9.3.2) y con sistemas contra incendio (como se especifica en la sección 9.1.5).

Por otro lado, en la Tabla 9.22 se muestran los tanques de almacenamiento en el área de servicios auxiliares.

Tabla 9.22 *Características de los tanques de almacenamiento para agua potable y decantación.*

ID	Equipo	Tipo	Diámetro interno (mm)/ Altura del tanque (mm)	Volumen (m ³)	Temp de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-TK-050	Tanque de agua potable	Tanque de techo cónico	3,200/2,500	20	85	0.75/-0.25	Acero de carbono + revestimiento epoxídico
10-TK-051	Tanque de decantación	Tanque de techo cónico	4,300/2,700	39	85	0.75/-0.25	Acero de carbono + revestimiento epoxídico

Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.

9.2.3 *Equipos de proceso y auxiliares.*

La descripción de los equipos con que cuenta la empresa estará dividida en dos secciones: en primer lugar, están detallados los equipos que son usados dentro del proceso (brazos y bombas de carga); y en segundo plano, se describen los equipos utilizados para proporcionar los servicios auxiliares en la planta (bombas de apoyo, filtros y unidades de embalaje).

Equipos de Proceso.

Para la movilización de los productos antes descritos dentro de las instalaciones, son necesarias una serie de operaciones, las cuales están descritas en la sección 0 del presente reporte. Ahora, para ejecutar estas operaciones son necesarios diversos equipos, los cuales se presentan de la Tabla 9.23 a la Tabla 9.26.

Tabla 9.23 *Especificaciones de las bombas de carga a carro-tanques.*

ID	Producto	Cantidad de Equipos	Características de diseño	Sistemas de Seguridad	Localización dentro de la planta
10-P-004 A/B	Gasolina regular	2	Flujo nominal: 1,949 m ³ /h Presión: 310 kPa Cabeza diferencial: 44 m Potencia estimada: 336 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba de explosión. Se encuentran conectadas al PLC (Control Lógico Programable, por sus siglas en inglés) del tanque para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de carro-tanques
10-P-006	Gasolina premium	1	Flujo nominal: 1,949 m ³ /h Presión: 310 kPa Cabeza diferencial: 44 m Potencia estimada: 336 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba de explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de carro-tanques
10-P-007 A/B	Diésel	2	Flujo nominal: 1,949 m ³ /h Presión: 310 kPa Cabeza diferencial: 40 m Potencia estimada: 336 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba de explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de carro-tanques
10-P-009 A/B	MTBE o Etanol	2	Flujo nominal: 1,949 m ³ /h Presión: 310 kPa Cabeza diferencial: 44 m Potencia estimada: 336 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba de explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de carro-tanques
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.					

Tabla 9.24 Especificaciones de las bombas de carga a auto-tanques.

ID	Producto	Cantidad de Equipos	Características de diseño	Sistemas de Seguridad	Localización dentro de la planta
10-P-001 A/B/C	Gasolina regular	3	Flujo nominal: 300 m ³ /h Cabeza diferencial: 44 m Potencia estimada: 56 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque, para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de auto-tanques
10-P-002	Gasolina Premium	1	Flujo nominal: 300 m ³ /h Cabeza diferencial: 44 m Potencia estimada: 56 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque, para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de auto-tanques
10-P-003 A/B/C	Diésel	3	Flujo nominal: 300 m ³ /h Cabeza diferencial: 40 m Potencia estimada: 56 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque, para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de auto-tanques
10-P-008 A/B/C	MTBE o Etanol	3	Flujo nominal: 67 m ³ /h Cabeza diferencial: 64 m Potencia estimada: 19 kW	Apagado automático por sobrecalentamiento. Clasificación eléctrica a prueba explosión. Se encuentran conectadas al PLC del tanque, para paro por bajo nivel. Válvula anti-retorno. Sistema de drenado de línea. Indicador de presión en la línea. Válvula reguladora de flujo (mariposa).	Área de llenado de auto-tanques
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.					

Tabla 9.25 *Especificaciones de los brazos de carga de producto a carro-tanques.*

ID	Cantidad de Equipos	Características de diseño	Sistemas de Seguridad	Material	Localización dentro de la planta
10-LA-001 A-Z y 10-LA-002 A-Z	52	Flujo de diseño: 136 m ³ /h Temperatura de diseño: 85 °C Presión de diseño: 690 kPag	Conexión a tierra para operación de carga. Válvula anti-retorno	Acero al carbón	Estaciones de carga de carro-tanques
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.					

Tabla 9.26 *Especificaciones de los brazos de carga de producto a auto-tanques.*

ID	Cantidad de Equipos	Características de diseño	Sistemas de Seguridad	Material	Localización dentro de la planta
10-LA-004 A-F	6	Flujo de diseño: 136 m ³ /h Temperatura de diseño: 85 °C Presión de diseño: 690 kPag	Conexión a tierra para operación de carga. Válvula anti-retorno	Acero al carbón	Estaciones de carga de auto-tanques
10-LA-005 A-D	4	Flujo de diseño: 136 m ³ /h Temperatura de diseño: 85 °C Presión de diseño: 690 kPag	Conexión a tierra para operación de carga. Válvula anti-retorno	Acero al carbón	Estaciones de carga de auto-tanques
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.					

Equipos auxiliares.

Por último, tenemos los equipos auxiliares utilizados para proporcionar los servicios de la empresa. Estos equipos se presentan en la siguiente tabla donde se incluyen las bombas de relevo para el suministro de gasolina, bombas de agua potable, sistema contra incendios, entre otras.

Se utilizarán dos bombas de apoyo de suministro de gasolina para la URV, dos bombas de agua potable y 4 de agua para el sistema contra incendio, en la Tabla 9.27 se podrán visualizar las características de las bombas de servicios auxiliares y en la Tabla 9.28 los filtros usados en la operación.

Tabla 9.27 Bombas de servicios auxiliares.

ID	Equipo	Tipo	Flujo normal/nominal (m3/h)	Diferencia de presión nominal (kPag)	Diferencia del cabezal nominal (m)	Gravedad específica y temperatura de operación	Potencia estándar del motor (Kw)	Material	Nota
10-P-005-A	Bomba de apoyo de suministro de Gasolina	Centrífuga	11.4	359	49.6	0.72 @ 38°C	3.73	Acero al carbón	N.A.
10-P-005-B	Bomba de apoyo de suministro de Gasolina	Centrífuga	11.4	359	49.6	0.72 @ 38°C	3.73	Acero al carbón	N.A.
10-P-050-A	Bomba de agua potable	Centrífuga	11.4	731	74.6	0.993 @ 38°C	7.4	Acero al carbón	N.A.
10-P-050-B	Bomba de agua potable	Centrífuga	11.4	731	74.6	0.993 @ 38°C	7.4	Acero al carbón	N.A.
10-P-051-A	Bomba de sistema contra incendio	Turbina vertical	1,136	1,191	121.6	0.993 @ 38°C	560	Níquel-aluminio bronce	Bombeo de agua de mar. Uno eléctrico y dos de diésel.
10-P-051-B	Bomba sistema contra incendio	Turbina vertical	1,136	1,191	121.6	0.993 @ 38°C	560	Níquel-aluminio bronce	Bombeo de agua de mar. Uno eléctrico y dos de diésel.
10-P-051-C	Bomba sistema contra incendio	Turbina vertical	1,136	1,191	121.6	0.993 @ 38°C	560	Níquel-aluminio bronce	Bombeo de agua de mar. Uno eléctrico y dos de diésel.
10-P-052	Bomba de remoción de natas (incluida en el paquete 10-PK-002)	Por el vendedor	0.27	267	36.9	0.72 @ 38°C	3.73	Acero de carbón	
10-P-053-A	Bomba de agua cruda CPI	Vertical de sumidero	198.5	138	14.1	0.993 @ 38°C	14.9	Acero de carbón	
10-P-053-B	Bomba de agua cruda CPI	Vertical de sumidero	198.5	138	14.1	0.993 @ 38°C	14.9	Acero de carbón	

ID	Equipo	Tipo	Flujo normal/nominal (m3/h)	Diferencia de presión nominal (kPag)	Diferencia del cabezal nominal (m)	Gravedad específica y temperatura de operación	Potencia estándar del motor (Kw)	Material	Nota
10-P-054	Bomba Jockey contra incendio	Centrífuga	34.1	1,247	127.4	0.993 @ 38°C	29.8	Níquel-aluminio bronce	Los materiales de construcción deben ser apropiados para bombear agua de mar
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.									

Tabla 9.28 *Filtros.*

ID	Equipo	Tipo de fluido	Tipo	Flujo de diseño (m³/h)	Gravedad específica y temperatura de operación	Viscosidad (cP)	Temperatura de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-FL-001 A-Z	Filtro para carro-tanque de carga de gasolina regular	Gasolina	Basket	136	0.72 @ 38°C	0.4	85	690	Acero de carbono
10-FL-002 A-Z	Filtro para carro-tanque de carga de MTBE	MTBE	Basket	136	0.72 @ 38°C	0.4	85	690	Acero de carbono
10-FL-003 A-Z	Filtro para carro-tanque de carga de diésel	Diésel	Basket	136	0.79 @ 38°C	2.0	85	690	Acero de carbono
10-FL-004 A-F	Filtro para auto-tanques de carga para gasolina	Gasolina	Basket	136	0.72 @ 38°C	0.4	85	690	Acero de carbono
10-FL-005 A-D	Filtro para auto-tanques de carga para diésel	Diésel	Basket	136	0.79 @ 38°C	2.0	85	690	Acero de carbono

ID	Equipo	Tipo de fluido	Tipo	Flujo de diseño (m³/h)	Gravedad específica y temperatura de operación	Viscosidad (cP)	Temperatura de diseño (°C)	Presión de diseño (kPag)	Material
10-FL-006 A-F	Filtro para auto-tanque de carga de MTBE o etanol	MTBE	Basket	20	0.72 @ 38°C	0.4	85	690	Acero de carbono
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.									

Tabla 9.29 *Unidades de embalaje.*

ID	Equipo	Características
10-PK-001	Unidad de recuperación de vapor	Tipo de proceso: Adsorción de carbono activado Producto de carga: Gasolina Fuente de vapor: Carga de carro-tanques y auto-tanques Presión de vapor Reid del producto: 79.3 kPa Temperatura del producto: 10-38 °C Requerimiento de emisión: 35 mg/L Máxima capacidad de flujo: 3,140 m³/h
10-PK-002	Separador de Agua y Aceite CPI	Capacidad de flujo: 1,475 m³/h Tasa de recuperación de aceite: 1.87 m³/h Gravedad específica del aceite: 0.72-0.84 Viscosidad del aceite: 0.4-4.0 cP
10-PK-003	Generador de Diésel	Potencia estándar del motor: 1,500 kW
Fuente: Process Equipment List - Altamira Rev E, Valero, 2018.		

En el Anexo 9.3 se incluyen los diagramas de tubería e instrumentación (DTIs) del proyecto mecánico para los equipos de servicios auxiliares.

9.2.4 *Pruebas de verificación.*

Las pruebas de verificación que se realizarán son:

- Pruebas hidrostáticas, durante este procedimiento las tuberías y los tanques de almacenamiento a presión atmosférica serán probados para verificar la resistencia y/o presencia de fugas utilizando agua de mar como fluido de prueba. Para la tubería se usará el líquido presurizado y para tanques se hará a presión atmosférica. Dichas pruebas serán llevadas a cabo previo a la puesta en marcha de las operaciones de manera que se garantice la contención en el sistema.
- Inspección visual de soldadura, es un procedimiento no destructivo que se llevará a cabo durante y posterior a las operaciones de soldadura, con la finalidad de detectar deficiencias en la soldadura, discontinuidades, porosidad y grietas.
- Examen de líquidos penetrantes, se utilizará para detectar grietas superficiales en materiales no porosos. Dichas pruebas serán llevadas a cabo previo a la puesta en marcha de las operaciones de manera que se garantice la contención en el sistema.
- Examen radiográfico de soldadura, se trata de un método de prueba no destructivo que utiliza radiación electromagnética de onda corta, este método será aplicado para observar la densidad de algunos componentes y así buscar defectos en los mismos. Dichas pruebas serán llevadas a cabo previo a la puesta en marcha de las operaciones y durante las operaciones de manera que se garantice la contención en el sistema. El método que se llevará a cabo es “Examinación Radiográfica en uniones de soldaduras a tope circunferenciales con tubería de proceso, utilizando fuentes de iridio-192, de acuerdo al código ASME B31.3.
- Medición de espesor de ultrasonido, también es un método de prueba no destructivo que utiliza ondas sonoras, será utilizado para detectar fallas y verificar el espesor de los materiales a utilizar. Dichas pruebas serán llevadas a cabo previo a la puesta en marcha de las operaciones y durante las operaciones de manera que se garantice la contención en el sistema.
- Otras pruebas que se realizarán a los tanques y a las tuberías internas para asegurar la integridad mecánica y la protección anticorrosiva, se especifican en la sección 9.6.4.

9.3

CONDICIONES DE OPERACIÓN.

Las operaciones de la instalación consisten básicamente en cargas y descargas de compuestos químicos, por tal razón, los balances de materia, son presentados como las capacidades de flujo de descarga de dichos compuestos. Los compuestos con las tasas de flujo y propiedades mencionados en la Tabla 9.30, corresponden al flujo de descarga del buque tanque hacia los tanques de almacenamiento en la Terminal.

Tabla 9.30 *Propiedades de diseño de transferencia de compuestos a tanques de almacenamiento.*

Propiedad	Unidades	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	MTBE	Etanol
Flujo volumétrico de diseño de carga del buque al tanque	m ³ /h	3,180	3,180	3,180	3,180	3,180
Flujo másico de diseño de carga del buque al tanque	kg/h	2,353,200	2,353,200	2,575,800	2,359,560	2,518,560
Temperatura	°C	20	20	20	20	20
Densidad	kg/m ³	740	740	810	742	792
Viscosidad @ 20°C	cP	0.4	0.4	2.7	0.4	1.1
Presión de descarga de la borda del buque	kPag	690	690	690	690	690
Fuente: Process Flow Diagrams - Altamira Rev D, Valero, 2018.						

Dentro de la Terminal de almacenamiento y distribución se cuentan con las condiciones de operaciones que se observan en la Tabla 9.31.

Tabla 9.31 *Propiedades de diseño de equipos de almacenamiento, carga y sistemas.*

Propiedades	Unidades	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	MTBE	Etanol
Tasa de diseño de carga a auto-tanque	m ³ /h	545.1	272.5	545.1	122.6	122.6
Tasa de diseño de carga a carro-tanque	m ³ /h	1,771.6	1,771.6	1,771.6	1,771.6	1,771.6
Temperatura	°C	10-38	10-38	10-38	10-38	10-38
Densidad	kg/m ³	720-775	720-775	790-840	720-775	780-800
Viscosidad @ 38°C	cP	0.4	0.4	2.0-4.0	0.3	0.8
Presión del tanque de almacenamiento	kPag	0	0	0	0	0
Presión de descarga de la bomba de carga	kPag	310	310	310	310 (auto-tanque)/ 450 (carro-tanque)	310 (auto-tanque)/ 450 (carro-tanque)

Propiedades	Unidades	Gasolina Regular	Gasolina Premium	Diésel	MTBE	Etanol
Presión de carga del auto-tanque	kPag	7	7	0	7	7
Presión de carga del carro-tanque	kPag	7	7	0	7	7
Fuente: Process Design Basis - Altamira Rev E, Valero, 2018.						

Por último, cabe mencionar que los tanques de almacenamiento operarán en condiciones normales a presión atmosférica y temperatura ambiente.

En el Anexo 9.4 se encuentran disponibles los Diagramas de Flujo de Proceso, en donde se pueden consultar con mayor detalle las características de la Tabla 9.30 y Tabla 9.31. Además, en los Anexos 9.3 y 9.6 se incluyen Diagramas de Tubería e Instrumentación de las instalaciones del Proyecto.

9.3.1 *Especificaciones de la sala de control.*

Como se mencionó en las bases de diseño, la sala de control se encontrará dentro del edificio de operaciones de la Terminal en el área de oficinas. El personal del Centro de Control monitorea y controla el sistema de tuberías internas de la terminal usando el sistema de Supervisión de Control y Adquisición de Datos (SCADA).

La interfaz de SCADA podrá recolectar y analizar datos de presiones, temperaturas, flujos y niveles en tiempo real y controlar de forma remota para los comandos de alto nivel y para la retroalimentación del estado de funcionamiento de la planta.

Se incluye un sistema HVAC para proporcionar un ambiente de trabajo cómodo y para mantener el equipo eléctrico y de funcionamiento a temperaturas seguras. Además de la Zona de Operaciones descrita anteriormente, la Sala de Control también está equipada con baños y vestuarios para hombres y mujeres, y oficinas. La sala de control también está equipada con múltiples entradas y salidas.

El diseño y construcción del cuarto de control serán de conformidad con la normativa mexicana aplicable en materia de instalaciones NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización). NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.

9.3.2 *Sistemas de aislamiento.*

El área de almacenamiento de combustibles contará con diques como sistemas de contención primaria, además, están contemplado un sistema de trincheras fuera de los diques, para el área de carga de auto-tanques; estos sistemas cumplirán con los requerimientos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998,

Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas y, además, se tomó como referencia la NOM-EM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos, la cual especifica que los diques de contención deben de estar diseñados como mínimo 1.2 dos veces de acuerdo al volumen del tanque.

Los diques serán un sistema aislado sin conexiones a un sistema de drenaje, y en caso de cualquier derrame el contenido será succionado por bombeo y el material dispuesto como un residuo peligroso, tal como lo indica la normatividad aplicable.

Por otra parte, el área de la “VCCP y tuberías hacia la granja de tanques”, correspondiente a las instalaciones de Valero en la descarga del muelle, contará con una trinchera, para contener un posible derrame que cubrirá el volumen que puede contener esa sección de tubería durante la descarga de gasolina, diésel, MTBE o Etanol, que sería la carga volumétrica transportada en ese momento.

9.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

9.4.1 *Antecedentes de accidentes e incidentes.*

Para determinar los antecedentes de accidentes e incidentes con relación al almacenamiento de hidrocarburos, se realizó una investigación de la información públicamente accesible y bases de datos disponibles acerca de accidentes e incidentes relacionados con el almacenamiento de hidrocarburos en la industria.

Accidentes importantes de almacenamiento de hidrocarburos en el mundo.

Refinería Showa Oil Co., Niigata, Japón (1964).

El terremoto de Niigata del 16 de Junio de 1964 tuvo una magnitud de 7.5 y escala sísmica de 6. El terremoto causó que un puente urbano se desprendiera, así como apartamentos y edificios construidos con hormigón de acero reforzado y también se presentaron incendios en los tanques de almacenamiento de petróleo. Cada tanque en la refinería fue afectado por el terremoto, los techos flotantes de 5 tanques de petróleo crudo colisionaron y el movimiento de uno de ellos era muy complejo por la inclinación que presentaba asociada con el fenómeno de licuefacción del suelo. “Sloshing” se define como el fenómeno relativo a la vibración que se induce a una superficie que contiene un recipiente con un líquido por la agitación del líquido mismo, cuando esto sucedió en los contenedores de petróleo, el choque de impacto contra el techo y la presión negativa hacia las paredes, por esta razón el líquido se derramó fuera del tanque de almacenamiento por la superficie, se escurrió por las paredes e hizo ignición a causa de las chispas generadas por la colisión entre el techo y las paredes del tanque.

El tanque que almacenaba petróleo crudo se encontraba a 40 m del área de la planta y a 48 m del equipo más cercano. Cierta cantidad del fluido alcanzó las instalaciones de la planta y provocó incendios en donde se llevaba a cabo la conversión catalítica incluyendo el reactor, el horno de calentamiento, los intercambiadores de calor, el separador de gases y parte del compresor. El daño físico fue de un total de 286 casas destruidas por los incendios.²

Este evento se considera similar por tratarse de un tanque de almacenamiento de hidrocarburos de techo flotante, como los que se tienen contemplados para el proyecto.

Planta de almacenamiento de hidrocarburos, Nápoles, Italia (1985).

A las 5:13 am el 21 de Diciembre de 1985 ocurrió una explosión de un total de 24 de los 32 tanques de almacenamiento de productos de petróleo que comenzó con un incendio debido al sobrellenado de un tanque. Se desbordó gasolina del techo

² <http://www.sozogaku.com>

del tanque No. 17 durante 1.5 horas y se derramaron en total 700 toneladas del combustible. Se formó una nube de vapor homogénea por la baja velocidad del viento y por una elevada temperatura ambiental. De acuerdo a la investigación realizada la causa de la ignición se llevó a cabo en la estación de bombeo, provocó 5 fatalidades, 170 heridos y se evacuaron a 2,000 residentes.³

Este evento se considera similar al proyecto por tratarse de tanques de almacenamiento de gasolina al igual que la sustancia que se tiene contemplada en el proyecto.

Terminal Nantes, St Herblain, France (1991).

El 7 de Octubre de 1991 cerca de las 4 a.m. se presentó la apertura de una válvula a control remoto localizada en la base de un tanque de 6,500 m³ que contenía 4,525 m³ de Gasolina sin plomo grado Premium que coincidió con la formación de nube de vapor de combustible en el área, lo que llevó a la generación de una niebla de color blanco lechoso. Alrededor de las 4:20 a.m. la nube de vapor había rebasado la barricada de 2 metros hecha de tierra y se continuó expandiendo por la zona con una nube de aproximadamente 1.5 de espesor. El volumen aproximado de la nube era de 25,000 m³ e hizo ignición 20 minutos después. La explosión de nube de vapor no confinada (UVCE, por sus siglas en Inglés) provocó que un conductor resultara lesionado y 2 empleados fueran gravemente heridos, sin embargo fueron capaces de volver al cuarto de control a tratar de cerrar las válvulas pero los sistemas a control remoto habían sido destruidos por la explosión y activaron la alarma a las 4:25 a.m. En ese momento comenzó un incendio.⁴

Este evento se considera similar al proyecto por tratarse de un tanque de almacenamiento de gasolina Premium al igual que una de las sustancias que se tienen contempladas en el proyecto.

Terminal Buncefield, Hemel Hempstead, Hertfordshire, RU (2005).

Se presentó una explosión de nube de vapor y múltiples incendios después de que un tanque de almacenamiento fue sobrellenado con gasolina el 11 de Diciembre de 2005. El tanque contaba con un indicador que permitía a los trabajadores monitorear las operaciones de llenado y un interruptor independiente para detectar alto nivel y realizar el apagado de emergencia en caso de ser necesario, pero ninguno de los dos se encontraba en funcionamiento al momento del incidente. Se provocó una presión de explosión significativa, lo que resultó en la pérdida de contención y por consecuencia incendios y daños a otros 22 tanques. No hubo fatalidades, pero 43 personas resultaron heridas y el costo de

³ <http://www.psep.ichemejournals.com>

⁴ <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>

los daños para las zonas comerciales y residenciales cercanas se evaluó en \$1.5 billones USD. El fuego ardió durante cuatro días.⁵

Este evento se considera similar al proyecto por tratarse de un tanque de almacenamiento de gasolina al igual que la sustancia que se tiene contemplada en el proyecto.

Terminal Caribbean Petroleum, Puerto Rico (2009).

El incidente ocurrido el 22 de Octubre de 2009 cuando un tanque de almacenamiento alcanzó su máxima capacidad al ser llenado con gasolina, ocasionó que el hidrocarburo se derramara sobre el piso y al encontrar una fuente de ignición se formó una nube de vapor que abarcaba 433,014 m². No se presentaron fatalidades, pero la explosión afectó a más de 300 casas y negocios de las comunidades aledañas. El petróleo se filtró en el suelo, ríos y humedales.

La Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB por sus siglas en inglés) encontraron que la explosión se debió a deficiencias en diversos procesos y regulaciones. Determinó que el accidente se pudo haber evitado si se hubiesen colocado alarmas independientes de nivel o un sistema para prevenir el sobrellenado de forma automática.⁶

Este evento se considera similar al proyecto por tratarse de un tanque de almacenamiento de gasolina al igual que la sustancia que se tiene contemplada en el proyecto.

Accidentes importantes por almacenamiento de hidrocarburos en Estados Unidos de América.

Compañía petroquímica ARCO, Channelview, E.U.A. (1990).

Un tanque que almacenaba 4,000 m³ de aguas residuales que se habían mezclado con hidrocarburos explotó el 5 de Julio de 1990 durante las actividades de mantenimiento, la explosión tuvo un alcance de más de 13 km de distancia. La investigación oficial determinó que se debió a la presencia de oxígeno en exceso en los vapores presentes en el tanque de almacenamiento. Hubo 17 fatalidades y se dañaron dos torres de enfriamiento, los servicios de cogeneración, una tubería de la red principal y dos tanques grandes.⁷

⁵ <http://www.csb.gov>

⁶ <http://www.csb.gov>

⁷ <http://www.ogj.com>

Este evento se considera similar en el sentido de que la gasolina estuvo involucrada en la explosión.

Compañía ConocoPhillips, Glenpool, E.U.A. (2003).

El 7 de Abril de 2003 aproximadamente a las 8:55 p.m. el tanque 11 con capacidad de almacenamiento de 80,000 barriles explotó en la granja de tanques Sur de las instalaciones mientras se llenaba con diésel. El tanque que previamente contenía gasolina, la cual fue extraída por la mañana contenía entre 7,397 y 7,600 barriles de diésel al momento de la explosión. El incendio duró cerca de 21 horas y perjudicó dos tanques que se encontraban en el área. No se presentaron lesiones o fatalidades. Los residentes vecinos fueron evacuados y las escuelas cerradas.

El Consejo Nacional de Seguridad del Transporte (National Transportation Safety Board - NTSB) de Estados Unidos determinó que la causa posible de la explosión fue la ignición de una mezcla inflamable de combustible- aire dentro del tanque por la electricidad estática que se generó debido a que ConocoPhillips Company no llevó a cabo las operaciones del tanque de manera correcta.⁸

Este evento se considera similar debido a que involucra tanques de almacenamiento de diésel y gasolina, como en el proyecto.

Chippewa Valley Ethanol Co. Minnesota, E.U.A (2003)

Se produjo una explosión e incendio en una planta de producción de Etanol resultando en una fatalidad y una persona herida el 24 de Octubre de 2003. Un tanque lleno con 40,000 galones de maíz triturado explotó y cayó a 75 pies donde se encontraba un carro-tanque lleno de etanol, provocando un incendio.⁹

Terminal Silver Eagle, Woods Cross, Utah (2009).

En la noche del 12 de Enero de 2009, dos operadores de la terminal y dos contratistas resultaron con quemaduras graves debido a una combustión súbita que ocurrió cuando una nube de vapor inflamable fue liberada de un tanque de almacenamiento a presión atmosférica, identificado como el tanque 105, que contenía cerca de 1 millón 665,581 litros de nafta ligera. Esta nube de vapor encontró una fuente de ignición y hubo una segunda explosión que se esparció a más de 70 m al oeste de la granja de tanques. Un segundo accidente se presentó en las mismas instalaciones el 4 de Noviembre de 2009 a causa de una fuerte onda expansiva provocada por una tubería que presentaba una abertura de 25.4 cm.¹⁰

Para el caso de este evento se considera similar debido a que se trató de combustible almacenado en un tanque a presión atmosférica.

⁸ <https://www.nts.gov>

⁹ www.firehouse.com

¹⁰ <http://www.csb.gov>

Terminal de almacenamiento de combustibles, Puerto de Santos, Brasil (2015).

En Abril del 2015, un incendio masivo ocurrió en la terminal de almacenamiento de combustibles más importante de Latinoamérica, afectando tanques de almacenamiento de combustibles y etanol. El incendio duró nueve días, no se presentaron fatalidades a raíz de la explosión. El incendio provocó únicamente un impacto negativo en la economía local debido al acceso restringido para camiones al puerto y a la ralentización de las actividades en el mismo.¹¹

Terminal de Sunoco Logistics Partners, Nederland, Texas (2016).

El 12 de Agosto de 2016 se presentó una combustión súbita en las instalaciones de esta terminal. El evento aún se encuentra en investigación. De acuerdo con la investigación preliminar el incidente se ocasionó debido a un incendio en las conexiones de la red de tuberías que transportaba petróleo, lo que ocasionó que siete trabajadores fueron lesionados y cuatro de ellos críticamente.¹²

Al igual que en este evento, en el proyecto se transportarán hidrocarburos dentro de las instalaciones.

Accidentes importantes de almacenamiento de hidrocarburos de Pemex.

Instalaciones de Pemex, San Juan Ixhuatepec, Tlalnepantla, Estado de México (1996).

Tres tanques con 21 millones 465,000 litros de gasolinas Nova y Magna se incendiaron, provocando cuatro muertos, 15 heridos y el desalojo de miles de vecinos. El accidente se debió a una fuga de gasolina cuando se estaba reparando una válvula de compuerta. Los responsables no contaban con un plan de acción para este tipo de emergencia y al tomar la decisión equivocada se produjo el incendio en el Tanque V-8 de la Terminal Satélite Norte. Durante 30 minutos aproximadamente se mantuvo una cortina de agua, posteriormente el personal de la Terminal Satélite Norte tomó la decisión de abrir la válvula y proceder a contrarrestar la presión de salida del tanque a través de la válvula en mención, utilizando una motobomba para efectuar dicha maniobra. El accidente se originó a las 14:40 horas del 11 de Noviembre de 1996 al momento de acelerar la motobomba ya que se trataba de un ambiente explosivo por la fuga de gasolina.¹³

Este evento se considera similar al proyecto por tratarse de tanques de almacenamiento de gasolina al igual que la sustancia que se tiene contemplada en el proyecto.

¹¹ blog.spaceknow.com

¹² <http://www.12newsnow.com>

¹³ <http://www.proceso.com.mx>

Terminal marítima de Dos Bocas, Cunduacán, Tabasco (2004).

El 31 de Diciembre de 2004 hubo un derrame de crudo en el oleoducto que transporta aceite crudo del área de trampas de la central de almacenamiento y bombeo de la terminal marítima de Dos Bocas.¹⁴

Al igual que en este evento, en el proyecto se transportarán hidrocarburos dentro de las instalaciones.

Terminal de Almacenamiento y Despacho, Salamanca, Guanajuato (2017).

El 15 de Marzo de 2017 a las 15:30 horas, se presentó una explosión en la Terminal de Almacenamiento y Despacho (TAD) de Salamanca mientras se realizaban actividades de destape de la línea de combustóleo. El incendio quedó controlado con el apoyo del cuerpo de bomberos de la propia terminal. La instalación, que se encuentra al lado de la terminal “Antonio M. Amor”, no sufrió daños mayores y se encuentra operando.

A consecuencia de este accidente se registraron ocho trabajadores heridos, tres de ellos de Pemex y cinco de una compañía privada. Todos ellos fueron atendidos de inmediato y trasladados al Hospital Regional de Salamanca de Petróleos Mexicanos. Alrededor de las 21:30 horas, una de las trabajadoras de Pemex que estaba hospitalizada, falleció.¹⁵

La información más reciente reporta que los 8 trabajadores que fueron hospitalizados tras el incidente fallecieron tras la explosión en el área de llenadoras de dicha terminal. La investigación del accidente continúa para determinar las causas que lo provocaron.¹⁶

La similitud con el proyecto radica en que el accidente ocurrió en una terminal de almacenamiento.

Incidentes de hidrocarburos en procesos industriales.

El almacenamiento de hidrocarburos representa gran parte de los incidentes que se presentan en los procesos industriales, en la Tabla 9.32 se pueden observar los porcentajes que relacionan las causas que originan este tipo de accidentes.

Tabla 9.32 ***Causas de accidentes en tanques de almacenamiento.***

Causa	% de Accidentes
Incendio por relámpagos	32

¹⁴ <http://www.jornada.unam.mx/2007/09/11/index.php?section=politica&article=009n1pol>

¹⁵ <http://www.pemex.com>

¹⁶ <http://www.excelsior.com.mx>

Causa	% de Accidentes
Operaciones de mantenimiento/ actividades a temperaturas elevadas	13
Avería en funcionamiento	12
Falla en el equipo	8
Sabotaje	8
Ruptura/ Grietas	7
Fugas y ruptura en tuberías	6
Electricidad estática	5
Llama abierta	4
Desastre natural	3
Reacciones en cadena	2
Fuente: Taveau, J. (2011). Explosion of fixed roof atmospheric storage tanks, Part 1: Background and review of case histories. <i>Process Safety Progress</i> , 30(4), 381-392.	

Con el propósito de visualizar a nivel mundial la cantidad de incidentes que se han presentado a través de la historia relativos al almacenamiento de sustancias, a continuación se presenta en la Tabla 9.33 la información de 242 accidentes en tanques de almacenamiento que han ocurrido durante el periodo de 1960 a 2003 en los distintos continentes.

Tabla 9.33 *Continentes donde ocurrieron accidentes.*

Año	Norte América ^a	Asia y Australia ^b	Europa ^c	Sur América	África ^d	Total
1960-1969	3	7	6	1	0	17
1970-1979	18	9	6	1	2	36
1980-1989	26	9	9	5	4	53
1990-1999	36	33	12	2	2	85
2000-2003	31	14	5	0	1	51
Total	114	72	38	9	9	242
Chang, J. I., & Lin, C. C. (2006). A study of storage tank accidents. <i>Journal of loss prevention in the process industries</i> , 19(1), 51-59.						

^a EUA:105, México:6, Canadá:3.

^b Taiwan:19, Japón:10, China:6.

^c RU:6, Italia:4.

^d Sudáfrica:5.

Como se indica en la Tabla 9.34 los accidentes que suceden con mayor frecuencia en las refinerías de petróleo con el 47.9% de los casos, mientras que el segundo complejo en donde más se presentan son las terminales y las estaciones de bombeo con 26.4%. Sólo el 25.7% de los accidentes ocurrieron en plantas petroquímicas (12.8%), yacimientos de petróleo (2.5%) y en otros tipos de instalaciones (10.3%) como plantas eléctricas, plantas de gas y plantas de fertilizantes.

Tabla 9.34 *Tipo de complejos donde ocurrieron accidentes.*

Año	Refinería	Terminal/ Almacenamiento	Planta Química ^a	Yacimiento petrolífero	Otros ^b	Total
1960-1969	10	5	1	0	1	17

Año	Refinería	Terminal/ Almacenamiento	Planta Química ^a	Yacimiento petrolífero	Otros ^b	Total
1970-1979	22	11	0	0	3	36
1980-1989	25	17	5	2	4	53
1990-1999	41	22	16	1	5	85
2000-2003	18	9	9	3	12	51
Total	116	64	31	6	25	242

Chang, J. I., & Lin, C. C. (2006). A study of storage tank accidents. Journal of loss prevention in the process industries, 19(1), 51-59.

^a Incluidas plantas petroquímicas.

^b Otras instalaciones industriales como plantas eléctricas, de gas, tuberías, de fertilizantes y revestimientos.

Estadísticas de incidentes históricos de Valero.

Como se puede observar en la Tabla 9.35 las estadísticas de incidentes que Valero han presentado desde el año 2007 hasta la fecha en las terminales de almacenamiento y distribución de combustibles ubicadas en diversas instalaciones del mundo, han sido en su totalidad derrames de combustibles debidos a causas como fallas en tuberías, descuidos humanos y equipos o sistemas dañados; todos los incidentes descritos a continuación lograron contenerse dentro de las instalaciones de las diferentes terminales mencionadas y no presentaron consecuencias que afectaran al medio ambiente o al personal.

Tabla 9.35 Incidentes históricos de Valero.

Incidente	Fecha	Lugar	Descripción
Sobrellenado de auto-tanque	22/10/2007	Refinería de Krotz Springs	Un auto-tanque se sobrellenó con MTBE a causa de que el indicador de nivel del tanque falló, causando que la válvula de seguridad se abriera y se liberara MTBE. Se derramaron de 2-3 galones de MTBE al área de carga de concreto y al suelo circundante.
Derrame en tubería en el área de skid	26/06/2013	Port Arthur, Estados Unidos	Un técnico de E&I que verificó una válvula, encontró que el área de contención en el skid del tanque de aceite estaba llena de diésel. La tubería no fluía a través del medidor de flujo en el momento en que se descubrió el derrame. Aproximadamente 10 galones de diésel habían desbordado el área de contención y se habían derramado en la superficie del dique.
Derrame en el sello de la bomba	20/05/2014	Terminal Louisville, Estados Unidos	Se produjo un derrame debido a una falla en el sello de una bomba que suministra combustible diésel al estante del camión. El derrame se produjo en la contención del concreto y se bombeó a un tanque de transmix, excepto por aproximadamente 10 galones que impactaron el suelo y la roca triturada adyacente a la estructura.
Derrame en el área de auto-tanques	21/10/2014	Terminal de Montreal Este, Canadá	Un derrame de diésel se produjo durante el arranque de una nueva bahía en el estante de carga de auto-tanques, como resultado

Incidente	Fecha	Lugar	Descripción
			de que una brida se abrió para liberar gasolina de la línea pero no se agregó al registro al sistema LOTO.
Derrame en un sistema de tuberías	06/06/2015	Terminal de Eruba, Aruba	Un derrame de diésel se produjo durante la alimentación por una tubería de 16" del combustible al tanque de almacenamiento.
Derrame en un sistema de tuberías	25/09/2015	Terminal de Montreal Este, Canadá	Derrame de diésel en el dique de contención del tanque, debido a la falla de una válvula que estaba aislando una parte fuera de uso del lado activo de una tubería.
Derrame de un tanque de almacenamiento	25/10/2015	Terminal de St. Charles, Estados Unidos	Derrame de gasolina del tanque de almacenamiento de producto terminado en el dique de contención, debido a daños producidos al techo del tanque por el Huracán Patricia.
Derrame en carro-tanques	26/10/2015	Terminal de Maitland, Canadá	Derrame de diésel en el carro-tanque debido a dos bridas sueltas en la parte superior de los vagones.
Derrame de tanque de almacenamiento	13/06/2016	Terminal St. Charles, Estados Unidos	Derrame de gasolina a través de los desagües del techo del tanque a una contención secundaria, debido a daños al techo del tanque de almacenamiento causados por un mal funcionamiento de la escalera de acceso al techo.
Derrame en un sistema de tuberías	08/12/2016	Terminal de Montreal Este, Canadá	Durante una operación de transferencia de tanque a tanque, se derramó diésel debido a la falla de una sección de la tubería.
Derrame de un auto-tanque de almacenamiento a vacío	16/03/2017	Terminal Este Corpus Christi, Estados Unidos	Derrame de diésel dentro del dique de contención del tanque desde un camión a vacío que transportaba el diésel de un tanque a otro para ayudar a la limpieza del mismo.
Derrame en un sistema de tuberías	02/08/2017	Estación de producción Port Arthur, Estados Unidos	Liberación de diésel en una válvula de purga de 1/2" en una bomba reforzadora del tanque, que se había dejado abierta luego de un mantenimiento realizado por Colonial en equipos propiedad de VLP.
Derrame en tanque de almacenamiento	01/12/2017	Terminal de Montreal Este, Canadá	Mientras se ponía en operación un tanque de almacenamiento, se bombeo gasolina al dique del tanque a través de una boca de acceso que no estaba sellada adecuadamente.
Derrame en un sistema de tuberías	01/01/2018	Terminal de Montreal Este, Canadá	Una falla en la tubería durante la descarga de un buque-tanque a un tanque de almacenamiento, esto provocó un derrame de gasolina en el dique de contención del tanque.
Derrame en un sistema de tuberías	05/03/2018	Terminal de Kingsbury, Reino Unido	Liberación de gasolina en el sistema de separación de agua y aceite del sitio; debido a la falla de cuatro juntas y una válvula en una línea de separación; que da servicio a los tanques de gasolina del sitio.

Incidente	Fecha	Lugar	Descripción
Derrame en un sistema de tuberías	29/03/2018	Terminal de Montreal Este, Canadá	Derrame de diésel en la válvula en el bajo el rack de tuberías
Fuente: Información proporcionada por el cliente, Valero 2018			

La información descrita anteriormente es utilizada para la determinación de nivel de riesgo en operaciones de almacenamiento a través de temas de probabilidad y frecuencia, cuyo procedimiento de análisis se indica en la sección 9.4.2.

9.4.2 *Metodología de identificación y jerarquización.*

Proceso de Evaluación y Gestión de Riesgos.

La evaluación de riesgos que nos ocupa en el reporte, se basó inicialmente en el análisis de la cantidad de sustancias que almacena la empresa, y su comparación con la cantidad de reporte de los Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

Para identificar los eventos que pueden generar potenciales consecuencias asociadas con el manejo de sustancias químicas peligrosas, se empleó los siguientes pasos:

- Identificación (peligros asociados con el manejo de sustancias químicas)
- Jerarquización de riesgos
- Análisis de consecuencias

Identificación de peligros.

Esta etapa consiste en identificar los potenciales eventos de fugas o derrames, que pueden presentarse en la empresa por realizar actividades que involucran el manejo de materiales peligrosos, para lo cual se aplicó la siguiente técnica de análisis:

- “What if?” (¿Qué pasa si...?) para analizar los diagramas de instrumentación y de flujo de procesos ejecutados dentro de las instalaciones de la planta.

Asimismo, en esta etapa se considera la magnitud del daño que pudiera provocar un accidente causado por las sustancias químicas peligrosas en relación directa con la presencia y combinación de una serie de factores como son:

- Las características del sitio donde se manejan las sustancias químicas peligrosas
- El tipo de instalaciones y procesos utilizados

- Las condiciones meteorológicas que prevalecen en la zona donde se encuentra la instalación y que pudieran presentarse en el momento de un accidente
- La cantidad de sustancia que se puede liberar al medio ambiente
- La cantidad de población potencialmente expuesta y/o afectable
- Las medidas con que cuenta la empresa para combatir una emergencia

Descripción de la metodología "What if?".

Para esta etapa se efectuó un Estudio de Identificación de Peligros empleando la metodología What-If? o ¿Qué pasa si...? con el propósito de analizar los diferentes peligros, causas y consecuencias que pueden suscitarse en las operaciones asociadas con el Proyecto y evaluar su nivel de riesgo con el propósito de determinar si será aceptable. Dicha metodología fue seleccionada debido al nivel de detalle de la información disponible al momento de la realización de la sesión de identificación de peligros y a la propiedad de acuerdo a las actividades que se pretende llevar a cabo en las instalaciones, complementada con una matriz de jerarquización de riesgos.

Un análisis de riesgo desarrollado mediante el uso de la metodología What-If con una matriz de jerarquización, permite la identificación de peligros y evaluación de riesgos referentes a los impactos salud, bienes y/o ambientales de forma clara con un nivel de detalle aceptable¹⁷. Adicionalmente, la metodología What-If permite la revisión de una amplia gama de riesgos, permitiendo así, incrementar la relación costo-efectividad dentro del proyecto en estudio mediante una identificación temprana, dentro de la etapa del diseño, de posibles eventos o desviaciones, otorgando una flexibilidad importante en el desarrollo de los cambios requeridos para la minimización y mitigación de la ocurrencia de eventos no deseados dentro de la planta de proceso, por medio de una revisión dentro del diseño conceptual del proyecto.

El principio de la metodología es descubrir los factores que evitan que el sistema a considerar funcione según los objetivos o intención del diseño; esto se consigue utilizando la frase "¿Qué pasa si?" para equipos, operaciones, o pasos críticos en el proceso.

La reflexión crítica ordenada da como resultado el descubrimiento de alteraciones respecto a las intenciones y previsiones proyectadas, las cuales deben estar perfectamente establecidas.

Se aplican a cada una de las partes o "nodos" en que se divide la instalación (tuberías, equipos, servicios auxiliares, etc.) y de forma sistemática, se aplica la pregunta "¿Qué pasa si?" a las variables que intervienen en el proceso: caudal, presión, temperatura, etc., tratando de averiguar la posibilidad de que una causa

¹⁷ Guidelines Hazard Evaluation Procedures, 1985, CCPS.

particular lleve a un mal funcionamiento de la instalación o incluso que dé lugar a una situación peligrosa.

Descripción de la Metodología “What-If” Jerarquizada.

El análisis What-If (¿Qué pasa si?) identifica peligros, situaciones y eventos de accidentes con potenciales consecuencias no deseadas. La metodología considera desviaciones desde el diseño, construcción, y operación de un proceso de las instalaciones. Dicha metodología es aplicable en cualquier etapa o ciclo dentro de un proceso y/o servicio.

La metodología What-If es un proceso creativo, el cual implica una lluvia de ideas, en lo referente a la examinación y revisión del proceso y/u operación, mediante la formulación de preguntas-respuestas por parte de personal experimentado y con un amplio conocimiento del proceso y/o servicio. A través de las preguntas, el grupo de trabajo genera una tabla de posibles eventos y sus posibles consecuencias, sistemas de seguridad y mitigación.

Para su procedimiento, se requiere conocer el proceso de forma descriptiva, los parámetros de operación, diagramas, planos y los procesos de operación del sistema.

Antes de establecer el alcance del análisis, se desarrolla la descripción del proceso, lo cual incluye: equipamiento, procedimientos y las acciones preventivas de seguridad tomadas por los miembros de la organización en la operación de las actividades productivas. Las preguntas que se realizan en las reuniones deberán de ir direccionadas hacia fallas de operaciones normales y anormales dentro de las instalaciones. Las preguntas se organizan por áreas de interés, seguridad, medio ambiente, protección contra incendios, entre otros. Dicho intercambio de ideas del grupo de especialistas se hace de forma dinámica en cuanto a la emisión de consideraciones y en cuanto a las consecuencias potenciales, así como soluciones posibles de los eventos analizados por el equipo.

Las posibles fallas de los mecanismos utilizados dentro de este tipo de instalaciones y proceso son fuga, falla de equipo, falla de detectores de nivel, etc., los cuales a su vez producen diferentes modos de falla al sistema, siendo importante relacionar el subsistema o componente con los sistemas que se encuentran dentro del campo de acción. Dentro de las causas de fallas más comunes podemos encontrar:

- Fallas de diseño
- Fallas de manufactura
- Fallas debido a la edad del componente, relacionado con la vida útil y mantenimiento preventivo y correctivo
- Fallas relacionadas con el uso incorrecto del equipo
- Fallas relacionadas al manejo incorrecto y
- Fallas resultantes de las condiciones ambientales y operacionales

Por lo anterior resulta de importancia la asignación de una probabilidad de falla a los sistemas o subsistemas analizados, con la finalidad de jerarquizar

posteriormente. De igual forma, la clasificación de severidad de las causas de fallas, se encuentra relacionada con el peor escenario posible y, a su vez, con el grado de lesiones, el daño a instalaciones y/o pérdidas que se pudieran originar por el incidente.

Jerarquización de riesgos.

Del universo de consecuencias identificadas, se procede a seleccionar los de mayor nivel de riesgo, según la siguiente metodología, la cual se basa en la consideración de dos factores, de acuerdo a la técnica corporativa de Valero:

- Índice de probabilidad o frecuencia
- Índice de severidad o consecuencia

Índice de Probabilidad o Frecuencia.

Teniendo en cuenta el momento que puede dar lugar a un accidente, se estudia la posibilidad de que termine en accidente. Se tendrá en cuenta la causa del posible accidente y los pasos que pueden llevarnos a él. La Tabla 9.36, muestra el índice de probabilidad o frecuencia de que ocurra la secuencia del accidente y el puntaje obtenido.

Tabla 9.36 ***Índice de probabilidad o frecuencia.***

Categoría de Probabilidad o Frecuencia	Definición
A	Muy improbable, no se espera que ocurra en la instalación, se espera que ocurra en una instalación mayor (por ejemplo, refinería o terminal de almacenamiento) menos de una ocasión cada 10 años ($<1/10000$)
B	No es probable que ocurra en la vida de esta instalación, se espera que ocurra una vez por año en alguna instalación mayor ($1/1000$ a $1/10000$)
C	Podría ocurrir una vez en la vida de esta instalación, se espera que ocurra una vez por año en una instalación mayor en los Estados Unidos ($1/100$ a $1/1000$)
D	Probablemente ocurrirá en esta instalación una vez cada 10 años ($1/10$ a $1/100$)
E	Muy probable que ocurra en esta instalación ($>1/10$)
Fuente: Información proporcionada por Valero, abril 2017.	

Índice de Severidad o Consecuencia.

Se analizan los resultados que tendría la supuesta materialización del riesgo estudiado, siempre dentro de límites razonables y realistas. Para ello, se tienen en cuenta los riesgos para la vida de las personas (empleados y/o terceros), el medio ambiente y los daños materiales que se producirían. La Tabla 9.37, muestra el índice de severidad o consecuencia, según el resultado más probable del accidente.

Tabla 9.37 Índice de severidad o consecuencia.

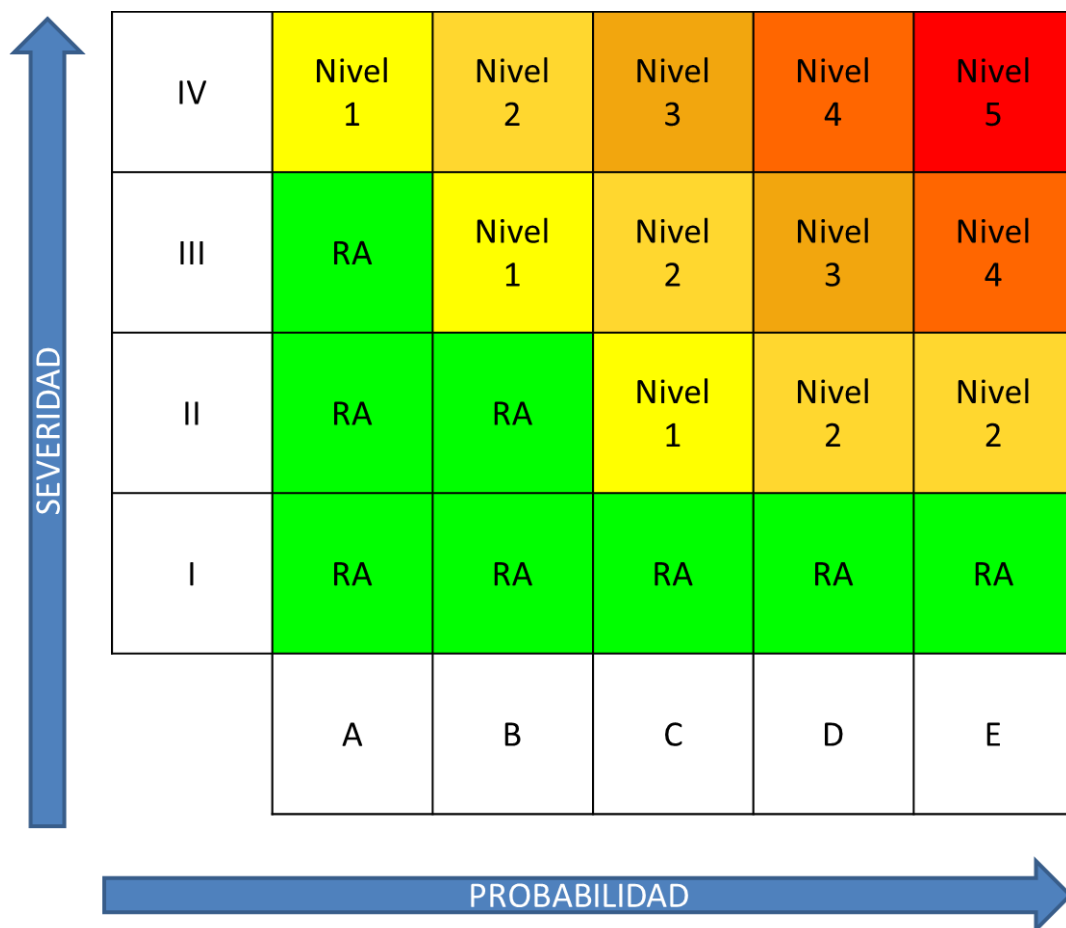
Categoría de Severidad o Consecuencia	Consideraciones			INFORMACIÓN PATRIMONIAL DE LA PERSONA MORAL ARTÍCULO 116 PÁRRAFO CUARTO DE LA LGTAIP Y 113 FRACCIÓN III DE LA LFTAIP
	Seguridad y Salud	Comunidad	Medio ambiente	
I	Sin lesiones que requieran primeros auxilios / sin lesiones al público	Ningún impacto o menor impacto a la gente / ninguna cobertura de los medios	Cantidad no reportable / ningún contacto de las agencias / ninguna respuesta requerida	
II	Incidente registrable en el sitio / lesión con tiempo perdido / disturbios al público	Alerta a la comunidad / cobertura de los medios locales	Cantidad reportable / notificación de las agencias / remediación de corto plazo	
III	Lesión incapacitante permanente o una o más fatalidades dentro del área inmediata / tratamiento médico al público	Colocación de refugios / cobertura de los medios estatales o regionales	Cantidad reportable / presencia de las agencias / remediación prolongada	
IV	Múltiples fatalidades en el sitio / fatalidad del público	Evacuación pública / cobertura de los medios nacionales	Intervención de las agencias / daño ambiental permanente	
Fuente: Información proporcionada por Valero, abril 2017.				

Jerarquización.

Por último, se realizó una jerarquización de los riesgos identificados con base en la matriz de riesgos corporativa de Valero.

El objetivo del ranking de riesgos es evaluar cualitativamente el riesgo y priorizar las recomendaciones asociadas para una apropiada gestión. La clasificación del riesgo para cada una de estas consecuencias depende tanto de la severidad de la consecuencia como de la probabilidad de que ocurra el evento. En la Figura 9.11, se presenta la matriz de jerarquización de riesgos mencionada.

La severidad de la consecuencia y la probabilidad, o frecuencia de consecuencia, se establece en dicha matriz, que se utiliza para generar un índice de clasificación de riesgo. El índice de clasificación de riesgo es utilizado por la gerencia para evaluar los riesgos.



Fuente: Información proporcionada por Valero, abril 2017.

Figura 9.11 Matriz de jerarquización de riesgo de Valero

Ahora, para la interpretación del nivel de riesgo obtenido, de acuerdo a la jerarquización realizada, se utilizan los niveles de riesgos mostrados en la Tabla 9.38.

Tabla 9.38 Niveles de riesgo.

Nivel de Riesgo	Definición
RA	Riesgo aceptable, las operaciones pueden continuar mientras el nivel de riesgo no cambie.
Nivel 1	Se necesita autorización del Gerente de Operaciones de la instalación para continuar con la operación
Nivel 2	Se necesita autorización del Director de Operaciones de la instalación para continuar con la operación
Nivel 3	Se necesita autorización del Gerente de la Instalación para continuar con la operación

Nivel de Riesgo	Definición
Nivel 4	Se deben evaluar e implementar medidas de mitigación (cese de operación, procedimientos especiales de operación, modificaciones temporales de los equipos, etc.) antes de continuar con la operación. Adicionalmente se necesita autorización del Vicepresidente Regional.
Nivel 5	Se deben evaluar e implementar medidas de mitigación (cese de operación, procedimientos especiales de operación, modificaciones temporales de los equipos, etc.) antes de continuar con la operación. Adicionalmente, se necesita autorización del Vicepresidente Ejecutivo Corporativo de Operaciones.
Fuente: Información proporcionada por Valero, abril 2017.	

Desarrollo de la sesión de identificación de peligros y jerarquización de riesgos.

Como parte de la evaluación de riesgos, se realizaron dos sesiones de identificación de peligros en diferentes fases del proyecto. El proceso de identificación de peligros y evaluación de riesgos se llevó a cabo por un grupo multidisciplinario de expertos de Valero. En la sesión inicial, que se desarrolló 21 de abril de 2017, las personas involucradas fueron:

- Darryl Seillier – Consejero de Tecnología de Valero
- Presley Hartman – Gerente de Cumplimiento de Transporte de Valero
- Mandy Garrahan – Gerente de HSE y Cumplimiento de Transporte de Valero
- Fred Hampton – Vicepresidente de Ductos y Terminales de Valero
- Deepak Garg – Vicepresidente de HSE y Logística de Valero
- Terry Jansen – Director de Integración SCADA de Valero
- Ryan Schiffelbein – Gerente de Ingeniería de Proyecto de Valero
- Tal Logback – Director de Asuntos Ambientales de Valero
- Mike Knowles – Gerente de Ingeniería de Flúor
- Earl Tipton – Director de Proceso de Flúor
- Kiran Jani – Director de HSE de Flúor

Fungiendo como facilitadores de la sesión por parte de ERM México:

- José Luis Monroy – Gerente de proyectos
- Oswaldo Díaz – Coordinador de proyectos

Para la sesión de actualización, cuyo desarrolló fue el 26 de abril del 2018, las personas que participaron fueron:

- Presley Hartman – Gerente de Cumplimiento de Transporte de Valero
- Mandy Garrahan – Directora de HSE y Cumplimiento de Transporte de Valero
- Fred Hampton – Vicepresidente de Ductos y Terminales de Valero
- Ryan Schiffelbein – Gerente de Ingeniería de Proyecto de Valero
- Adam Hofman – Ingeniero de control de riesgos de Valero

- Leo Fajardo – Gerente de proyectos de Valero
- Mónica Jiménez – Asesor legal de Ei

Fungiendo como facilitadores de la sesión por parte de ERM México:

- José Luis Monroy – Gerente de proyectos
- Erick Flores – Coordinador de proyectos
- Vanessa Treviño – Ingeniera de proyectos

Las sesiones de trabajo se realizaron en las oficinas de Valero en San Antonio, Texas, Estados Unidos. En el Anexo 9.5, se incluye copia de la hoja de asistencia de los participantes durante ambas sesiones.

La herramienta electrónica para documentar la sesión fue el software PHA-Pro®. Sphera PHA-Pro®, líder de análisis de riesgos de proceso, es utilizado por las organizaciones para la realización de estudios de riesgo, resultando en procesos más receptivos y eficientes.

PHA-Pro está diseñado para ayudar a las organizaciones a poner en práctica políticas y programas de riesgo a nivel corporativo y ayudar en la adopción de normas y regulaciones de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, de la Administración de Seguridad y Salud (OSHA por sus siglas en inglés), etc. Es utilizado en industrias del sector hidrocarburos, químico y farmacéutico, entre otros.

El software provee de la posibilidad de elegir una herramienta de identificación de peligros, en este caso ¿Qué pasa si?, y una platilla para documentar la secuencia básica de la sesión: desviación, causas, consecuencias, evaluación del riesgo antes de salvaguardas, salvaguardas, recomendaciones y evaluación del riesgo después de salvaguardas.

El análisis de la sesión de actualización incluyó los elementos que se muestran en la Tabla 9.39.

Tabla 9.39 *División de Sistema y Subsistemas.*

Sistema	Subsistema
1. Terminal Altamira	1. Tuberías de transferencia químicos desde VCCP hasta la Terminal de almacenamiento
	2. Terminal de almacenamiento
	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques

Cada subsistema se dividió en tantas desviaciones (¿Qué pasa si?), de acuerdo a los diferentes tipos de operaciones relacionados con la terminal, que pudieran causar una liberación accidental de alguno de las sustancias químicas.

Con el fin de facilitar la lluvia de ideas y el análisis, se utilizó una lista de verificación proporcionada por Valero, la cual contiene diversas salvaguardas requeridas en el diseño de cualquiera de sus instalaciones. Esta lista se tomó como base para determinar peligros potenciales para las instalaciones.

Las hojas de trabajo de la sesión de identificación de peligros se encuentran disponibles en el Anexo 9.5.

Resultados y recomendaciones.

En la Tabla 9.40, se resume de manera tabular el número de elementos que se obtuvieron para cada subsistema.

Tabla 9.40 *Resumen de resultados para cada subsistema.*

Sistema	Subsistema	Número de elementos				
		Desviaciones	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones
1. Terminal Altamira	1. Tuberías de transferencia combustible/químicos desde válvula de descarga del muelle hasta la terminal	5	5	16	7	6
	2. Terminal de almacenamiento	30	36	60	78	65
	3. Operaciones de carga de autotanques y carotanques	24	26	55	55	43
Fuente: ERM, 2018						

En la Tabla 9.41 se presenta de manera tabular el número de consecuencias asociados a cada nivel de riesgo antes de considerar salvaguardas:

Tabla 9.41 *Número de consecuencias clasificadas en cada nivel de riesgo antes de salvaguardas.*

		Probabilidad				
		A	B	C	D	E
Severidad	IV					
	III		24	39		
	II		10	23	10	3
	I		2	14	3	3

En la Tabla 9.42 se presenta de manera tabular el número de consecuencias asociados a cada nivel de riesgo, después de considerar salvaguardas.

Tabla 9.42 *Número de consecuencias clasificadas en cada nivel de riesgo posterior a las salvaguardas.*

		Probabilidad				
		A	B	C	D	E
Severidad	IV					
	III	61				
	II	33	14			
	I	16	7			

Los resultados de riesgo antes de considerar salvaguardas indicaron cincuenta y dos (52) consecuencias categorizados con riesgo Nivel 2, cuarenta y ocho (48) con Nivel 1, y treinta y uno (31) con Riesgo Aceptable.

Las 52 consecuencias categorizadas con riesgo Nivel 2 (nivel de riesgo más alto en base a lo documentado durante la sesión de identificación) consideran como receptores el personal o el medio ambiente, razón por la cual varios de ellos se repiten. Sin embargo, pueden reducirse a 26 consecuencias considerando ambos receptores para evitar repeticiones. Ahora, esta agrupación de consecuencias, serán consideradas como eventos con impacto tanto al medio ambiente como al personal.

En la Tabla 9.43 se presenta el resumen de eventos jerarquizados con riesgo Nivel 2 antes de salvaguardas.

Tabla 9.43 *Resumen de eventos jerarquizados con Nivel 2 antes de salvaguardas.*

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa</i> ¹⁸	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
1	1. Transferencia desde tubería en muelle de VCCP a terminal de almacenamiento	Ocurre un desastre natural	Huracanes, tormenta eléctrica e inundaciones	1.1.3.1.1 y 1.1.3.1.2	Pérdida de contención	Personal Medio ambiente	D	II	N2
2	1. Transferencia desde tubería en muelle de VCCP a Terminal de almacenamiento	Se presenta expansión térmica de líquido en la tubería	El sistema de tubería no está diseñado para las condiciones del producto. La descarga de la liberación térmica no se realiza a un área segura	1.1.4.1.2	Pérdida de contención	Medio ambiente	E	II	N2
3	2. Terminal de almacenamiento	Existe presencia de combustibles y/o MTBE en un área con clasificación eléctrica incorrecta de equipo e instrumentos	Liberación de vapores de combustibles, MTBE o Etanol	1.2.1.1, 1.2.1.2, 1.2.1.3 y 1.2.1.4	Formación de atmósfera inflamable. Se tiene el riesgo de una explosión débil	Personal Medio ambiente	C	III	N2
4	2. Terminal de almacenamiento	Se acumula producto líquido alrededor del tanque de almacenamiento	Sobrellenado del tanque	1.2.4.1.1 y 1.1.4.1.2	Derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2

¹⁸ La forma en que se identificaran los “ID” de cada sección será la siguiente: el primer número definirá el sistema; el segundo número el sub-sistema; el tercer número la pregunta, ¿Qué pasa si? Analizada en ese momento; el cuarto número la causa y, por último, el sexto número la consecuencia. Por ejemplo, tenemos el ID 1.1.3.1.1 que correspondería a: Sistema **Altamira**; subsistema **Transferencia desde tubería en muelle de VCCP a Terminal**; ¿Qué pasa si **Ocurre un desastre natural**?; la causa sería **Huracanes, rayos e inundaciones** y la consecuencia sería el **pérdida de contención**. No se esperan consecuencias adicionales.

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa</i> ¹⁸	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
5	2. Terminal de almacenamiento	Se acumula producto líquido alrededor del tanque de almacenamiento	La válvula del tanque se dejó abierta	1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2	Derrame de combustibles líquidos MTBE o Etanol. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2
6	2. Terminal de almacenamiento	Existe un funcionamiento inadecuado de los medidores/muestreadores	Falla del equipo	1.2.8.1.2	Sobrellenado del tanque. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Medio ambiente	C	III	N2
7	2. Terminal de almacenamiento	Existe una falla en el sistema de dren del techo del tanque	Falla del material de la manguera de dren	1.2.10.1.2	Derrame de producto al dique de contención. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Medio ambiente	D	II	N2
8	2. Terminal de almacenamiento	Existe un desalineamiento del bloque de válvulas para la operación deseada	Error del operador	1.2.20.1.2	Sobrellenado del tanque. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Medio ambiente	C	III	N2

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa¹⁸</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
9	2. Terminal de almacenamiento	No se mantiene el nivel mínimo en el tanque	Los procedimientos no especifican el nivel mínimo del tanque de almacenamiento	1.2.22.1.3 y 1.2.22.1.4	Riesgo de incendio potencial en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2
10	2. Terminal de almacenamiento	Ocurre un desastre natural	Terremotos, huracanes, rayos e inundaciones	1.2.29.1.2	Pérdida de contención. La capacidad total del tanque podría derramarse en un caso catastrófico (muy remoto)	Medio ambiente	C	III	N2
11	2. Terminal de almacenamiento	Ocurre un desastre natural	Terremotos, huracanes, rayos e inundaciones	1.2.29.1.3 y 1.2.29.1.4	Riesgo de incendio. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2
12	2. Terminal de almacenamiento	Incompatibilidad entre el producto almacenado, el equipo y válvulas del sistema	El MTBE o Etanol degradan los sellos de las válvulas y los empaques	1.2.30.1.4	Pérdida de contención	Medio ambiente	E	II	N2
13	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El carro-tanque / auto-tanque no está aterrizado	Instalación incorrecta del sistema de aterrizaje	1.3.4.1.1 y 1.3.4.1.2	Riesgo eléctrico. Se esperaría riesgo de incendio en caso de una chispa	Personal Medio ambiente	C	III	N2
14	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El carro-tanque / auto-tanque no está aterrizado	El chofer / operador falla al conectar el sistema de aterrizado	1.3.4.2.1 y 1.3.4.2.2	Riesgo eléctrico. Se esperaría riesgo de incendio en caso de una chispa	Personal Medio ambiente	C	III	N2
15	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El chofer arranca con las mangueras conectadas	Error del chofer / operador	1.3.6.1.1 y 1.3.6.1.2	Derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una	Personal Medio ambiente	C	III	N2

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa¹⁸</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
					fuelle de ignición en el área				
16	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Fuga en la manguera de conexión al carro-tanque o auto-tanque	Las mangueras no están equipadas con conexiones en seco o charolas de recolección de derrames apropiadas	1.3.7.1.1 y 1.3.7.1.2	Potencial derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol	Personal Medio ambiente	D	II	N2
17	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Fuga en la manguera de conexión al carro-tanque o auto-tanque	Los racks no están equipados con válvulas de cierre por exceso de flujo para minimizar derrames resultantes de falla en las mangueras	1.3.7.2.1 y 1.3.7.2.2	Potencial derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol	Personal Medio ambiente	D	II	N2
18	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Los sistemas de recuperación / destrucción de vapores no están diseñados para evitar operación cuando el sistema no está conectado a un compartimiento de transporte	El chofer conecta la manguera de vapor incorrectamente	1.3.9.1.1	Formación de una atmósfera inflamable	Personal	C	III	N2
19	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Los sistemas de recuperación / destrucción de vapores no están diseñados para evitar operación cuando el sistema no está conectado a un compartimiento de transporte	Manguera de vapor dañada	1.3.9.2.1	Formación de una atmósfera inflamable	Personal	C	III	N2
20	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El chofer / operador no sigue los procedimientos de carga y de seguridad	Falta de o entrenamiento insuficiente para choferes acerca de las prácticas de	1.3.18.1.1 y 1.3.18.1.2	Se podría presentar riesgo de incendio dependiendo del procedimiento de	Personal Medio ambiente	C	III	N2

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa¹⁸</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
			seguridad en el sitio, incluyendo control de fuentes de ignición como accesorios de tráiler, motor y cigarrillos		seguridad que no se siguiera				
21	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Un operador modifica válvulas, tubería, etc.	Estado inadecuado de las etiquetas de los equipos (válvulas, interruptores) lo que dificulta leer	1.3.19.1..1, 1.3.19.1.2 y 1.3.19.1.3	Sobrellenado del carro-tanque / auto-tanque y lesiones al personal	Personal	D	II	N2
22	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El chofer / operador no sigue los procedimientos de carga y de seguridad	Falta de o localización deficiente de anuncios sobre prácticas de seguridad en el sitio en las áreas de carga y descarga	1.3.20.1.1 y 1.3.20.1.2	Se podría presentar riesgo de incendio dependiendo del procedimiento de seguridad que no se siguiera	Personal Medio ambiente	C	III	N2
23	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Sobrellenado de un carro-tanque / auto-tanque	Procedimientos inadecuados para evitar el sobrellenado durante las operaciones de carga	1.3.22.1.1 y 1.3.22.1.2	Derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2
24	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Sobrellenado de un carro-tanque / auto-tanque	Falla de los sistemas de control	1.3.22.2.1 y 1.3.22.2.2	Derrame de combustibles líquidos, MTBE o Etanol. Se esperaría fuego del volumen derramado en caso de encontrar una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2

<i>Evento</i>	<i>Subsistema</i>	<i>¿Qué pasa si...?</i>	<i>Causa</i>	<i>ID Causa¹⁸</i>	<i>Consecuencia</i>	<i>Receptor</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
25	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	El tanque de almacenamiento no cuenta con el francobordo suficiente mientras se realiza el llenado	Los procedimientos para verificar que el francobordo en el tanque de almacenamiento mientras se lleva a cabo el llenado no son correctos	1.3.23.1.1 y 1.3.23.1.2	Derrame de hidrocarburo líquido, MTBE o Etanol. Se puede presentar incendio en caso de que exista una fuente de ignición en el área	Personal Medio ambiente	C	III	N2
26	3. Operaciones de carga de auto-tanques y carro-tanques	Existe incompatibilidad entre los compuestos almacenados, los equipos y los componentes de las válvulas	El EtOH y MTBE degradan los sellos de las válvulas y los empaques	1.3.24.1.4	Pérdida de contención. Riesgo de derrame en caso extremo	Medio ambiente	E	II	N2

P = Probabilidad; S = Severidad; R = Riesgo

De los eventos identificados, todos fueron evaluados con Nivel de Riesgo Aceptable para el riesgo residual, una vez que se aplicaron las salvaguardas.

Las medidas de control/mitigación con las que cuenta el promovente se consideraron adecuadas por parte del equipo a cargo del análisis de identificación de peligros, más allá de las recomendaciones documentadas (véase Anexo 9.5).

DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

Introducción.

Esta sección tiene como objetivo analizar las consecuencias a través de modelos matemáticos de simulación, para aquellos escenarios que fueron clasificados con la categoría de riesgo más alta de acuerdo a los resultados de la sección de *Análisis y Evaluación de Riesgos*, bajo ciertos supuestos.

Dado que, como se mencionó en el apartado anterior después de la evaluación de riesgo residual (al considerar salvaguardas) los eventos fueron considerados con nivel de riesgo aceptable, se podría interrumpir el análisis y no generar escenarios de potencial consecuencias; sin embargo, para efectos de modelación se consideró la clasificación preliminar de riesgo previo a las medidas de control (ver Tabla 9.44); ya que como resultado del riesgo residual no se justificaría la evaluación de consecuencias a través de modelación. Es muy importante considerarse que estos escenarios son casos extremos y de probabilidad limitada y como se ha mencionado sin la existencia de salvaguardas o por la mala aplicación de las mismas.

De acuerdo a los requerimientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y los cuales son actualmente seguidos y reconocidos por ASEA; se realizará la modelación del evento máximo probable y el evento catastrófico.

Los radios de afectación se determinaron utilizando el software TRACE (versión 9, desarrollado por SAFER SYSTEMS), el cual cuenta con capacidad para realizar simulaciones dinámicas; es decir, dispersión de nubes inflamables y/o tóxicas y ondas de sobrepresión en función del tiempo.

9.5.1

Eventos potenciales.

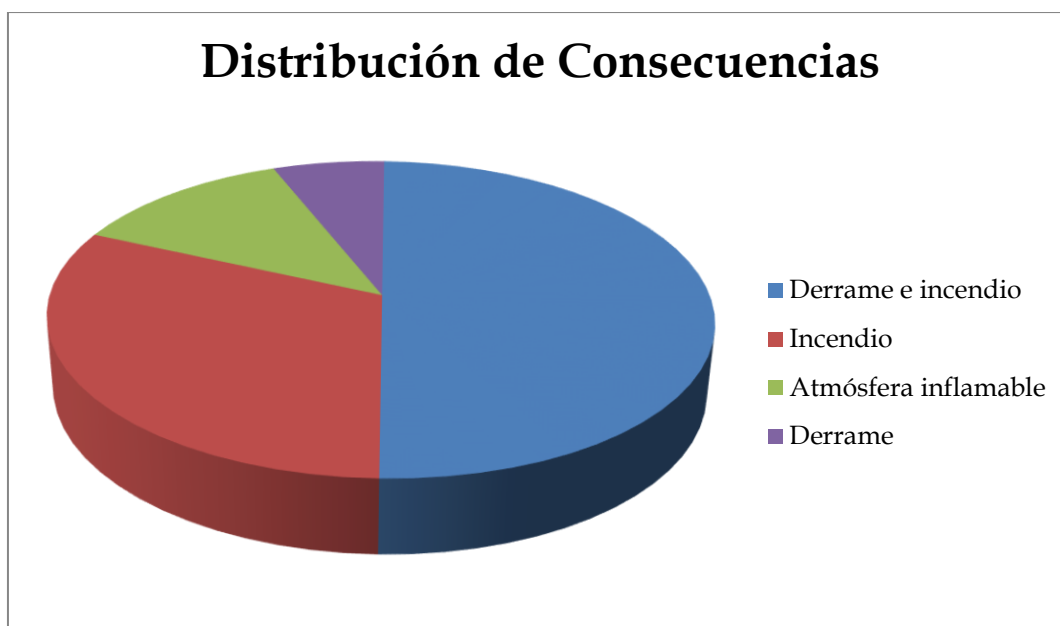
De los 26 eventos presentados en la Tabla 9.44 Tabla 9.44 Clasificación de eventos por consecuencia., las consecuencias de ocho eventos (1, 2, 7, 12, 16, 17, 21 y 26) fueron clasificados con Severidad II, previo a las salvaguardas contempladas por el Proyecto, mientras que los restantes dieciocho se clasificaron con Severidad III. Por lo anterior, los primeros no fueron considerados para realizar el análisis de consecuencias al existir eventos con consecuencias potencialmente más severas.

Los dieciocho eventos restantes se clasificaron en función de la consecuencia resultante de los mismos, como se muestra en la Tabla 9.44. La distribución de las diferentes consecuencias se presenta en la Figura 9.12.

Tabla 9.44 *Clasificación de eventos por consecuencia.*

Evento	¿Qué pasa sí...?	Causa	Clasificación de la consecuencia
3	Existe presencia de combustibles, MTBE o Etanol en un área con clasificación eléctrica incorrecta de equipo e instrumentos	Liberación de vapores de combustibles, MTBE o Etanol	Formación de atmósfera inflamable. Se tiene el riesgo de una explosión débil
4 y 5	Se acumula combustible líquido, MTBE o Etanol alrededor del tanque de almacenamiento	Sobrellenado del tanque. La válvula del tanque se dejó abierta	Derrame e incendio
6	Existe un funcionamiento inadecuado de los medidores/muestreadores	Falla del equipo	Derrame e incendio
8	Existe un desalineamiento del bloque de válvulas para la operación deseada	Error del operador	Derrame e incendio
9	No se mantiene el nivel mínimo en el tanque	Los procedimientos no especifican el nivel mínimo del tanque de almacenamiento	Incendio
10	Ocurre un desastre natural	Terremotos, huracanes, rayos e inundaciones	Derrame (caso catastrófico)
11	Ocurre un desastre natural	Terremotos, huracanes, rayos e inundaciones	Incendio
13 y 14	El carro-tanque / auto-tanque no está aterrizado	Instalación incorrecta del sistema de aterrizado	Incendio
15	El chofer arranca con las mangueras conectadas	Error del chofer / operador	Derrame e incendio
18 y 19	Los sistemas de recuperación / destrucción de vapores no están diseñados para evitar operación cuando el sistema no está conectado a un compartimiento de transporte	El chofer conecta la manguera de vapor incorrectamente. Manguera de vapor dañada	Formación de atmósfera inflamable
20	El chofer / operador no sigue los procedimientos de carga y de seguridad	Falta de o entrenamiento insuficiente para choferes acerca de las prácticas de seguridad en el sitio, incluyendo control de fuentes de ignición como accesorios de tráiler, motor y cigarrillos	Incendio
22	El chofer / operador no sigue los procedimientos de carga y de seguridad	Falta de o localización deficiente de anuncios sobre prácticas de seguridad en el sitio en las áreas de carga y descarga	Incendio

Evento	¿Qué pasa sí...?	Causa	Clasificación de la consecuencia
23 y 24	Sobrellenado de un carro-tanque / auto-tanque	Procedimientos inadecuados para evitar el sobrellenado durante las operaciones de carga. Falla de los sistemas de control	Derrame e incendio
25	El tanque de almacenamiento no cuenta con el francobordo suficiente mientras se realiza el llenado	Los procedimientos para verificar que el francobordo en el tanque de almacenamiento mientras se lleva a cabo el llenado no son correctos	Derrame e incendio



Fuente: ERM, 2018

Figura 9.12 Distribución de Consecuencias.

Como se observa en la Figura 9.12, la consecuencia que se repite en más ocasiones es el derrame e incendio (eventos 4, 5, 6, 8, 15, 23, 24 y 25) seguida por incendio (eventos 9, 11, 13, 14, 20 y 22).

Adicionalmente, al analizar las causas de los eventos se identificó que: cinco (5) eventos están relacionados con escenarios de derrame del tanque de almacenamiento; cinco (5) eventos están relacionados con escenarios de derrame durante la carga de carro-tanques o auto-tanques; dos (2) eventos relacionados con incendio por riesgo eléctrico por aterrizado deficiente; dos (2) eventos relacionados con atmósfera inflamable en el sistema de recuperación de vapor;

dos (2) eventos relacionados con escenarios de incendio derivados de errores por parte de los operadores; un (1) escenario relacionado con incendio por falla en el nivel mínimo del tanque, (1) escenario relacionado con formación de atmósfera inflamable y posible explosión débil por falta de clasificación eléctrica y un (1) escenario relacionado con la pérdida de contención total en el tanque de almacenamiento.

Se consideró que las consecuencias de formación de atmósfera inflamable en el sistema de recuperación de vapor, formación de atmósfera inflamable por falta de clasificación eléctrica y de derrame en el caso de fenómenos naturales se encuentran contenidas en las consecuencias de derrame e incendio debido a que la cantidad de combustibles involucrado en todos los casos (i.e. vapores de combustibles en operaciones de carga y descarga o pérdida de contención en el tanque) sería igual o menor a las cantidades involucradas en los demás eventos de modelación.

Por lo anterior, los eventos se agruparon para formar los escenarios de simulación como se muestra en la Tabla 9.45.

Tabla 9.45 *Escenarios de modelación identificados.*

Escenario	Modelación	Evento No.	Descripción
1	ALT-CT-CF-CMP-G Caso Máximo Probable	23 y 24	Sobrellenado de carro-tanque de gasolina e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al carro-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
2	ALT-CT-CF-CC-G Caso Catastrófico	13, 14, 15, 20, 22, 23 y 24	Fuga e incendio al cargar carro-tanque de gasolina. El volumen derramado será igual al volumen total del carro-tanque (escenario catastrófico).
3	ALT-AT-CF-CMP-G Caso Máximo Probable	23 y 24	Sobrellenado de auto-tanque de gasolina e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al auto-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
4	ALT-AT-CF-CC-G Caso Catastrófico	13, 14, 15, 20, 22, 23 y 24	Fuga e incendio al cargar auto-tanque de gasolina. El volumen derramado será igual al volumen total del auto-tanque (escenario catastrófico).

Escenario	Modelación	Evento No.	Descripción
5	ALT-TAN-CF-CMP-G Caso Máximo Probable	4, 5 y 25	Sobrellenado de tanque de almacenamiento de gasolina regular e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al tanque y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
6	ALT-TAN-CF-CC-G Caso Catastrófico	10 y 11	Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de gasolina regular. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico).
7	ALT-CT-CF-CMP-E Caso Máximo Probable	23 y 24	Sobrellenado de carro-tanque de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al carro-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
8	ALT-CT-CF-CC-E Caso Catastrófico	13, 14, 15, 20, 22, 23 y 24	Fuga e incendio al cargar carro-tanque de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del carro-tanque (escenario catastrófico).
9	ALT-AT-CF-CMP-E Caso Máximo Probable	23 y 24	Sobrellenado de auto-tanque de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al auto-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
10	ALT-AT-CF-CC-E Caso Catastrófico	13, 14, 15, 20, 22, 23 y 24	Fuga e incendio al cargar auto-tanque de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del auto-tanque (escenario catastrófico).
11	ALT-TAN-CF-CMP-E Caso Máximo Probable	4, 5 y 25	Sobrellenado de tanque de almacenamiento de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al tanque y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).
12	ALT-TAN-CF-CC-E Caso Catastrófico	10 y 11	Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico).

9.5.2

Consecuencias potenciales.

Si bien las sustancias tienen la capacidad de evaporarse, es determinante el que todas poseen una cantidad de energía diferente; que al ser liberada súbitamente como es el caso de las explosiones; se genera un impacto adverso muy significativo. Una medida de este poder energético destructivo es: el calor de combustión; es decir, la misma cantidad de masa de un cetona y de un hidrocarburo en un escenario similar de mezcla explosiva liberarán diferente cantidad de energía; siendo el de mayor poder destructivo el del hidrocarburo por poseer mayor poder de combustión.

Para que ocurra una explosión es necesario que la mezcla de sustancia química y aire se encuentren en una proporción denominado: límites de explosividad o inflamabilidad. Cuando esto no resulta, simplemente ocurre una deflagración (flamazo). En ambos casos puede llegar a permanecer un incendio que dependerá de la cantidad de la sustancia en estudio, presente en el escenario.

Dadas las características fisicoquímicas de las sustancias involucradas en el análisis de consecuencias (véase Anexo 9.2. Hojas de Seguridad), se podrán presentar consecuencias potenciales de las siguientes características:

Evento potencial de radiación térmica.

Incendio: Charco de fuego o “pool fire”.

Como consecuencia de un derrame de líquidos inflamables, se puede formar un charco de líquido cuya extensión dependerá de la geometría y naturaleza de la superficie. En el caso de que por efectos de evaporación de gases inflamables y la temperatura del líquido se encuentre por encima de la temperatura de ignición de la mezcla, se puede presentar un incendio del propio charco. La altura de las llamas depende principalmente del diámetro del charco y del calor de combustión.

9.5.3

Efectos de radiación térmica.

La consecuencia de un evento de incendio es la generación de radiación térmica. La expresión radiación se refiere a la emisión continua de energía, en donde los portadores de esta energía son las ondas electromagnéticas producidas por las vibraciones de las partículas cargadas que forman parte de los átomos y moléculas de la materia.

La distribución de energía en el espectro de radiación térmica depende de la temperatura de la fuente que la emite. A temperaturas bajas (alrededor de 300°C) predomina la radiación infrarroja de longitudes de onda entre 800 y 4,000 nm aproximadamente, lo cual es invisible para el ojo humano. A temperaturas altas

(más de 800°C) en el espectro aparecen longitudes de onda más cortas (400 - 800nm) que corresponden a la parte visible y ultravioleta del espectro.

La generación de radiación térmica produce diferentes efectos dependiendo de su intensidad, la cual a su vez depende de variables como la geometría del incendio, el calor generado por la combustión, fracción emitida en forma de radiación y posición del receptor entre otros. En la Tabla 9.46 y Tabla 9.47 se incluyen unos listados asociados a los efectos de la radiación térmica.

Tabla 9.46 *Efectos debido a la Radiación Térmica.*

Radiación Térmica [kW/m ²]	Efectos	Umbral de dolor en humanos [s]
1.60	N.A.	No causa incomodidad en periodos prolongados.
1.74	N.A.	60
2.33	N.A.	40
2.90	N.A.	30
4.00	N.A.	Dolor a personas en los primeros 20 segundos, posibles quemaduras de segundo grado con ampulación.
4.73	N.A.	16
6.94	N.A.	9
9.46	N.A.	6
9.50	N.A.	Quemaduras de segundo grado después de 20 segundos.
11.67	N.A.	4
12.50	Energía mínima necesaria para encender madera por inducción en humo y derretir tubería de plástico.	N.A.
19.87	N.A.	2
25.00	Energía mínima necesaria para encender madera en un tiempo de exposición largo e indefinido.	N.A.
37.50	Suficiente para causar daño a equipos de proceso.	N.A.
Fuente: Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2000), editado por CCPs (Center for Chemical Process Safety). Nota: NA - No Aplica		

Tabla 9.47 *Intensidades de radiación máxima tolerable para daño y/o deformación en diferentes materiales.*

Material	Máxima radiación tolerable [kW/m ²]
Madera	10
Vidrio	30-300

Material	Máxima radiación tolerable [kW/m ²]
Cemento pre-comprimido	40
Acero	40
Cemento	60
Hormigón	200
Pared de ladrillos	400
Fuente: Romano y cols, 1985	

9.5.4 *Criterios de afectación.*

Con el fin de definir los radios potenciales de afectación se utilizaron los criterios establecidos por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) los cuales son actualmente seguidos y reconocidos por ASEA; para efectos por radiación térmica que se mencionan en la Tabla 9.48.

Tabla 9.48 *Criterios para elaborar estudios de riesgo.*

Parámetro	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²

9.5.5 *Información utilizada para modelar los escenarios de riesgo.*

Climatología.

Debido a que el Proyecto se encontrará en el Municipio de Altamira, ubicado al oeste del Estado de Tamaulipas; las simulaciones fueron desarrolladas utilizando las condiciones meteorológicas más estables reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional de la estación meteorológica No. 28004 “Altamira”, dicha estación se encuentra en el estado de Tamaulipas y es la más cercana al SAR del Proyecto, información integrada en el Capítulo IV de la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto. Las condiciones climatológicas más estables en los últimos 10 años son:

- Velocidad del viento más estable: 1.5 m/s (condiciones más estables)
- Dirección del viento: 135° acimutales
- Altura de referencia: 10.0 m (típico de estaciones meteorológicas)
- Temperatura media anual: 24 °C
- Estabilidad: 6.0 (Muy estable)
- Radiación solar: 205 W/m² (Día soleado)
- Humedad: 80%
- Rugosidad superficial: 0.03 m

Nota: Las modelaciones se realizaron tomando en cuenta las condiciones climatológicas más estables, que generaría una dispersión menor de los materiales liberados bajo los escenarios supuestos.

Dimensiones de los diques de contención secundaria.

Durante las simulaciones de los escenarios de charco de fuego ("pool fire") se realizaron algunos cálculos y consideraciones respecto a las áreas de contención.

En los escenarios relacionados con la carga y descarga de auto-tanques y carro-tanques, respectivamente, no se consideraron áreas de contención (derrame inmediato alrededor de la superficie de emisión); mientras que para los escenarios relacionados con los tanques de almacenamiento se consideraron áreas de contención rectangulares en función de los planos de diseño proporcionados por Valero.

Se realizaron las siguientes consideraciones en función de lo anterior, tal como se muestra a continuación:

Áreas de Contención (Geometría Rectangular).

Las dimensiones establecidas en el plano de distribución de áreas del sitio para el dique de contención de la granja de tanques son las siguientes:

Largo = 252.3 m;

Ancho equivalente = 87 m; (calculado con base en el área total del dique 21,950 m², el cual tiene forma irregular)

Altura = 1.8 m

Sin embargo, este dique cuenta con dos paredes internas de 45 cm de altura formando diques individuales para cada tanque. Para fines de la modelación se tomaron las dimensiones establecidas para el dique de contención del tanque con la mayor capacidad (tanque de gasolina de 150,000 barriles).

Largo = 56.2 m

Ancho = 59.2 m

Altura = 0.45 m

Áreas sin Contención (Geometría Circular).

Para el cálculo de las dimensiones del área de derrame en casos en los que no se contó con contención, se asumió que no existen pendientes en las áreas de manera que el perfil del derrame fuera circular.

Con base en lo anterior, se utilizaron las siguientes ecuaciones para determinar las medidas de los lados, con la finalidad de proporcionar valores de entrada al software para realizar las modelaciones.

$$V = d^2 \times \frac{\pi}{4} \times h \dots\dots \text{Ecu 1)}$$

Dónde:

- h = Espesor de la película del líquido derramado;
- d = Diámetro del charco de la sustancia derramada;
- V = Volumen calculado con base en los flujos de diseño y en los tiempos de respuesta para detener la fuga (estimados por los expertos del promovente).

Ahora, despejando del diámetro del charco de la Ecu 1), tenemos:

$$V = d^2 \times 0.7854 \times h$$

$$d = \sqrt{\frac{V}{0.7854 \times h}} \dots\dots \text{Ecu 2)}$$

Con la Ecu 2), podremos estimar el diámetro del derrame.

Tiempos de fuga.

En los casos donde se presentan modelaciones que involucran fuga, el equipo del promovente que participó durante la sesión de identificación de peligros mencionó un tiempo para detener la fuga de cinco minutos, debido a que, con base en su experiencia, es el tiempo típico que toma cerrar totalmente una válvula de las características con las que contará el sistema de bombeo de gasolinas.

Tiempos de mitigación de incendio.

En los casos donde se presentaron modelaciones para el riesgo de incendio, el equipo del promovente que participó durante la sesión de identificación de peligros mencionó los siguientes tiempos de respuesta en función del volumen involucrado:

- Para incendios donde el volumen de derrame sea menor a 10 m³ el tiempo de control del incendio se estimó en 10 minutos.
- Para incendios donde el volumen de derrame fue superior a 10 m³ pero menor a 150 m³, el tiempo de control del incendio se estimó en 20 minutos.
- Para incendios donde el volumen de derrame fue superior a 500 m³, el tiempo de control del incendio se estimó en 60 minutos.

Es importante mencionar que estos tiempos de respuesta fueron estimados con base en el volumen involucrado, el tiempo de cierre de las válvulas para detener

la liberación, y en las salvaguardas existentes del sistema contra incendios, el cual incluye:

- Red de agua contra incendios
- Monitores de espuma
- Hidrantes
- Distribuidores
- Válvulas de aislamiento
- Bombas de agua contra incendios
- Detectores
- Alarmas
- Sistema de solución de espuma
- Sistema de espuma para tanques y bombas
- Extintores portátiles de polvo químico seco
- Extinguidores de dióxido de carbono
- Extinguidores de bicarbonato de potasio
- Interruptores de presión
- Interruptores de flujo

Composición de la gasolina.

La composición de la gasolina regular/premium (sustancia que se utilizará en las modelaciones) fue obtenida de su respectiva hoja de datos de seguridad (véase Anexo 9.2).

9.5.6 *Descripción de escenarios de riesgo.*

Escenario 1 (ALT-CT-CF-CMP-G). Sobrellenado de Carro-Tanque con gasolina.

Debido a una falla en la válvula de carga (abierta mientras debe de estar cerrada), falla en el dispositivo de bloqueo de descarga “interlock” (por ejemplo, “Set-point” mal colocado) o error de operación durante el llenado de carro-tanques de gasolina regular o premium; podría presentarse un derrame e incendio del flujo total de alimentación al carro-tanque, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de carga del carro-tanque. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo volumétrico total de diseño para el llenado de carro-tanques con gasolina.

$$F_V = 136 \frac{m^3}{h}$$

- Para obtener el flujo másico del llenado de carro-tanques tenemos:

$$F_M = \rho_{gasolina} \times F_V \dots \text{Ecu 3)}$$

Donde:

- F_M : Flujo másico del compuesto
- ρ : Densidad del compuesto
- F_V : Flujo volumétrico del compuesto
- En este caso, la densidad de la gasolina = $\rho_{gasolina} = 740 \frac{kg}{m^3}$.
Substituyendo en la Ecu 3):

$$F_M = \rho_{gasolina} \times F_T = 740 \frac{kg}{m^3} \times 136 \frac{m^3}{h} = 100,640 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software:

$$F_M = 100,640 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 1,677 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.49, se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.49 Información de entrada a modelación ALT-CT-CF-CMP-G.

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 38 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Flujo de emisión	1,677 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 2 (ALT-CT-CF-CC-G). Derrame catastrófico de gasolina en carro-tanque.

Debido a la desconexión del brazo de carga hacia el carro-tanque durante la descarga de un tanque de gasolina; podría presentarse un derrame catastrófico e incendio del volumen total del carro-tanque, el cual continuaría durante 20 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el volumen del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el volumen total del carro-tanque.

$$V_T = 34,500 \text{ gal} = 131\text{m}^3$$

- Para el cálculo de la masa total contenida en el carro-tanque tenemos:

$$m = \rho_{gasolina} \times V \dots \text{Ecu 4)}$$

Donde:

- m: masa del compuesto derramado
 - ρ : Densidad del compuesto
 - v: volumen total derramado
- En este caso, la densidad de la gasolina = $\rho_{gasolina} = 740 \frac{kg}{m^3}$.
Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{gasolina} \times V = 740 \frac{kg}{m^3} \times 131\text{m}^3 = 96,940\text{kg}$$

En la Tabla 9.50, se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.50 *Información de entrada a modelación ALT-CT-CF-CC-G.*

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 129 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Masa total	96,940 kg
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 3 (ALT-AT-CF-CMP-G). Derrame de Auto-Tanque de gasolina por sobrellenado.

Debido a una falla en la válvula de carga (abierta mientras debe de estar cerrada), falla en el “interlock” (por ejemplo, “Set-point” mal colocado) o error de operación durante el llenado de carro-tanques de gasolina regular o premium; podría presentarse un derrame e incendio del flujo total de alimentación al auto-tanque, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de carga del auto-tanque. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo volumétrico total de diseño para el llenado de auto-tanque con gasolina.

$$F_V = 136 \frac{m^3}{h}$$

- En este caso, la densidad de la gasolina = $\rho_{gasolina} = 740 \frac{kg}{m^3}$.
Substituyendo en la Ecu 3):

$$F_M = \rho_{gasolina} \times F_T = 740 \frac{kg}{m^3} \times 136 \frac{m^3}{h} = 100,640 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software.

$$F_M = 100,640 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 1,677 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.51 Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CMP-G. se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.51 Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CMP-G.

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 38 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Flujo de emisión	1,677 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 4 (ALT-AT-CF-CC-G). Derrame catastrófico de gasolina en auto-tanque.

Debido a la desconexión del brazo de carga hacia el auto-tanque durante la descarga de un tanque de gasolina; podría presentarse un derrame catastrófico e incendio del volumen total del auto-tanque, el cual continuaría durante 20 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el volumen del derrame:

- Se consideró un auto-tanque estándar, con una capacidad de 25,000 L.

$$V_T = 25,000L$$

- En este caso, la densidad de la gasolina = $\rho_{gasolina} = 0.740 \frac{kg}{L}$.
Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{gasolina} \times V = 0.740 \frac{kg}{L} \times 25,000L = 18,500kg$$

En la Tabla 9.52 Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CC-G. se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.52 Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CC-G.

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 56 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Masa total	18,500 kg
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 5 (ALT-TAN-CF-CMP-G). Sobrellenado de tanque de gasolina.

Debido a una falla en la instrumentación (falla de medidor de nivel o “interlock” para paro de bomba por alto nivel) o error de operación durante el llenado del tanque de almacenamiento de gasolina regular; podría presentarse un derrame de gasolina e incendio del flujo total de alimentación, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de alimentación. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo total de diseño para la alimentación al tanque de gasolina.

$$F_T = 2,353,200 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software.

$$F_T = 2,353,200 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 39,220 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.53 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.53 Información de entrada a modelación ALT-TAN-CF-CMP-G.

Parámetro	Entrada
Geometría	Rectangular (56x59m)
Espesor de charco	0.45 m

Parámetro	Entrada
Flujo de emisión	39,220 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	60 minutos tiempo estimado de control

Escenario 6 (ALT-TAN-CF-CC-G). Pérdida de contención en tanque de gasolina regular.

Debido a un desastre natural, podría presentarse el colapso del tanque de almacenamiento de gasolina regular, resultando en una pérdida de contención e incendio del volumen total del mismo, el cual se extinguiría durante 60 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el volumen máximo de operación del tanque de almacenamiento.

$$V_T = 150,000 \text{ bbl} = 23,850 \text{ m}^3$$

- En este caso, para el cálculo de la masa, la densidad de la gasolina = $\rho_{gasolina} = 740 \frac{kg}{m^3}$. Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{gasolina} \times V = 740 \frac{kg}{m^3} \times 23,850 \text{ m}^3 = 17,649,000 \text{ kg}$$

En la Tabla 9.54 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.54 Información de entrada a modelación ALT-TAN-CF-CC-G.

Parámetro	Entrada
Geometría	Rectangular (252x87m)
Espesor de charco	1.8 m
Masa total	17,649,000 kg
Tiempo de extinción	60 minutos tiempo estimado de control

Escenario 7 (ALT-CT-CF-CMP-E). Sobrellenado de Carro-Tanque con etanol.

Debido a una falla en la válvula de carga (abierta mientras debe de estar cerrada), falla en el dispositivo de bloqueo de descarga "interlock" (por ejemplo, "Set-point" mal colocado) o error de operación durante el llenado de carro-tanques de etanol; podría presentarse un derrame e incendio del flujo total de alimentación al carro-tanque, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de carga del carro-tanque. Este escenario considera

temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo volumétrico total de diseño para el llenado de carro-tanques con etanol.

$$F_V = 136 \frac{m^3}{h}$$

- En este caso, la densidad del etanol = $\rho_{etanol} = 792 \frac{kg}{m^3}$. Substituyendo en la Ecu 3):

$$F_M = \rho_{etanol} \times F_T = 792 \frac{kg}{m^3} \times 136 \frac{m^3}{h} = 107,712 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software:

$$F_M = 107,712 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 1,795 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.55, se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.55 *Información de entrada a modelación ALT-CT-CF-CMP-E.*

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 38 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Flujo de emisión	1,795 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 8 (ALT-CT-CF-CC-E). Derrame catastrófico de etanol en carro-tanque.

Debido a la desconexión del brazo de carga hacia el carro-tanque durante la descarga de un tanque de etanol; podría presentarse un derrame catastrófico e incendio del volumen total del carro-tanque, el cual continuaría durante 20 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el volumen del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el volumen total del carro-tanque.

$$V_T = 34,500 gal = 131m^3$$

- En este caso, la densidad del etanol = $\rho_{etanol} = 792 \frac{kg}{m^3}$. Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{etanol} \times V = 792 \frac{kg}{m^3} \times 131m^3 = 103,752 kg$$

En la Tabla 9.56, se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.56 *Información de entrada a modelación ALT-CT-CF-CC-E.*

Parámetro	Entrada
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 129 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Masa total	103,752 kg
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 9 (ALT-AT-CF-CMP-E). Derrame de Auto-Tanque de etanol por sobrellenado.

Debido a una falla en la válvula de carga (abierta mientras debe de estar cerrada), falla en el “interlock” (por ejemplo, “Set-point” mal colocado) o error de operación durante el llenado de carro-tanques de etanol; podría presentarse un derrame e incendio del flujo total de alimentación al auto-tanque, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de carga del auto-tanque. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo volumétrico total de diseño para el llenado de auto-tanque con etanol.

$$F_V = 136 \frac{m^3}{h}$$

- En este caso, la densidad del etanol = $\rho_{etanol} = 792 \frac{kg}{m^3}$. Substituyendo en la Ecu 3):

$$F_M = \rho_{etanol} \times F_T = 792 \frac{kg}{m^3} \times 136 \frac{m^3}{h} = 107,712 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software.

$$F_M = 107,712 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 1,795 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.57 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.57 *Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CMP-E.*

<i>Parámetro</i>	<i>Entrada</i>
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 38 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Flujo de emisión	1,795 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 10 (ALT-AT-CF-CC-E). Derrame catastrófico de etanol en auto-tanque.

Debido a la desconexión del brazo de carga hacia el auto-tanque durante la descarga de un tanque de etanol; podría presentarse un derrame catastrófico e incendio del volumen total del auto-tanque, el cual continuaría durante 20 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el volumen del derrame:

- Se consideró un auto-tanque estándar, con una capacidad de 25,000 L.

$$V_T = 25,000L$$

- En este caso, la densidad del etanol = $\rho_{etanol} = 0.792 \frac{kg}{L}$. Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{etanol} \times V = 0.792 \frac{kg}{L} \times 25,000L = 19,800kg$$

En la Tabla 9.58 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.58 *Información de entrada a modelación ALT-AT-CF-CC-E.*

<i>Parámetro</i>	<i>Entrada</i>
Geometría	Circular (sin confinamiento, con un diámetro de 56 m y un espesor de 1 cm)
Espesor de charco	1.0 cm
Masa total	19,800 kg
Tiempo de extinción	20 minutos tiempo estimado de control

Escenario 11 (ALT-TAN-CF-CMP-E). Sobrellenado de tanque de etanol.

Debido a una falla en la instrumentación (falla de medidor de nivel o “interlock” para paro de bomba por alto nivel) o error de operación durante el llenado del tanque de almacenamiento de etanol; podría presentarse un derrame de etanol e incendio del flujo total de alimentación, el cual continuaría durante 5 minutos, tiempo estimado por Valero para cerrar la válvula de alimentación. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el flujo total de diseño para la alimentación al tanque de etanol.

$$F_T = 2,518,560 \frac{kg}{h}$$

- Posteriormente, este flujo fue convertido a kilogramos por minuto para facilitar el ingreso de datos en el software.

$$F_T = 2,518,560 \frac{kg}{h} \times \frac{1 h}{60 min} = 41,976 \frac{kg}{min}$$

En la Tabla 9.59 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.59 *Información de entrada a modelación ALT-TAN-CF-CMP-E.*

Parámetro	Entrada
Geometría	Rectangular (56x59m)
Espesor de charco	0.08 m
Flujo de emisión	41,976 kg/min
Tiempo de emisión	5 minutos
Tiempo de extinción	60 minutos tiempo estimado de control

Escenario 12 (ALT-TAN-CF-CC-G). Pérdida de contención en tanque de etanol.

Debido a un desastre natural, podría presentarse el colapso del tanque de almacenamiento de etanol, resultando en una pérdida de contención e incendio del volumen total del mismo, el cual se extinguiría durante 60 minutos, tiempo estimado por Valero para extinguir el fuego. Este escenario considera temperatura ambiente (24°C) y presión atmosférica. A continuación se presentan los cálculos realizados para determinar el flujo del derrame:

- Se tomó como base de cálculo el volumen máximo de operación del tanque de almacenamiento.

$$V_T = 150,000 bbl = 23,850 m^3$$

- En este caso, para el cálculo de la masa, la densidad del etanol = $\rho_{etanol} = 792 \frac{kg}{m^3}$. Substituyendo en la Ecu 4):

$$m = \rho_{etanol} \times V = 792 \frac{kg}{m^3} \times 23,850 m^3 = 18,889,200 kg$$

En la Tabla 9.60 se resumen los datos de entrada que se consideraron para la modelación, con base en los argumentos anteriormente expuestos.

Tabla 9.60 Información de entrada a modelación ALT-TAN-CF-CC-E.

Parámetro	Entrada
Geometría	Rectangular (252x87m)
Espesor de charco	1.08 m
Masa total	18,889,200 kg
Tiempo de extinción	60 minutos tiempo estimado de control

9.5.7 Resultados de los escenarios modelados.

En la Tabla 9.61 se presentan los resultados de los escenarios modelados:

Tabla 9.61 Radios potenciales de afectación (metros).

No. de Escenario	Clave de la modelación	Distancia de alcance de Radiación térmica (m)	
		Zona de Alto Riesgo 5.0 kW/m ²	Zona de Amortiguamiento 1.4 kW/m ²
1	ALT-CT-CF-CMP-G	26.6	57.1
2	ALT-CT-CF-CC-G	103.7	215.2
3	ALT-AT-CF-CMP-G	26.6	57.1
4	ALT-AT-CF-CC-G	48.5	106.2
5	ALT-TAN-CF-CMP-G	68.3	165.2
6	ALT-TAN-CF-CC-G	176.4	445.3
7	ALT-CT-CF-CMP-E	32.6	62.2
8	ALT-CT-CF-CC-E	97.3	173.8
9	ALT-AT-CF-CMP-E	32.6	62.2
10	ALT-AT-CF-CC-E	45.3	85.2
11	ALT-TAN-CF-CMP-E	68.1	164.7
12	ALT-TAN-CF-CC-E	176.3	445.1

En el Anexo 9.6 se incluye el reporte completo de cada modelación.

En el Anexo 9.7 se presentan los planos de los radios potenciales de afectación.

Todos los escenarios propuestos consideran efectos por radiación térmica. De los escenarios modelados, los Escenarios 6 (ALT-TAN-CF-CC-G) y 12 (ALT-TAN-CF-CC-E) presentaron los mayores radios de afectación. Dichos escenarios serán considerados para efecto de análisis de resultados, debido a que el resto de los escenarios presentarán potenciales efectos iguales o menores a lo indicado a continuación.

En caso de incendio, no implica directamente un incendio que se extienda de un tanque a otro, dado que se consideran las siguientes salvaguardas para evitarlo:

- Existe un sistema contra incendio periférico a los tanques de almacenamiento junto con espuma contra incendios
- Los tanques están ubicados dentro de un área de contención secundaria
- Según lo indicado en la Tabla 9.47, el acero está diseñado para resistir una radiación térmica de 40 KW/m². Los resultados de las modelaciones incluyen tres intensidades térmicas, 1.4 y 5.0 KW/m² (requerimiento de la guía) y 40 KW/m² (intensidad máxima tolerada por el equipo de proceso, de acuerdo Tabla 9.46). Con base en los resultados de la modelación, la última intensidad indicada no se genera en las inmediaciones del escenario. El material del tanque (acero) puede resistir la radiación térmica durante un período de tiempo suficiente para que el equipo de bomberos y atención a emergencias controle (o minimice) la intensidad del fuego.

Escenario 6. Pérdida de contención en tanque de gasolina regular.

Es relevante mencionar que dicho escenario sólo se presenta con fines ilustrativos debido a que se trata de un escenario que, aunque la severidad de sus consecuencias es alta (Nivel III), su probabilidad de ocurrencia es limitada y de acuerdo con las salvaguardas, ésta se reduce a un nivel remoto resultando en un nivel de riesgo aceptable.

De acuerdo con los resultados de las simulaciones, se superan los límites de las instalaciones del Proyecto en los alrededores inmediatos, para los radios relacionados con el área de alto riesgo y amortiguamiento, es decir con una radiación térmica de 1.4 kW/m², los cuales de manera general no superan los 445 m. En la Figura 9.13 se presentan los perfiles de las isopletras generados por el software. Sin embargo, en dicha área no se esperan efectos estructurales ni en las personas.

De acuerdo con la Figura 9.13, la zona de alto riesgo se ubica aproximadamente 176 m a partir de la fuente de emisión en todas direcciones. En dicha área se podrían presentar efectos por quemaduras de segundo grado en personal que pudiera estar en el radio de la zona de alto riesgo del escenario. Sin embargo, no se prevé el daño estructural, ya que se encontrarán presentes la infraestructura metálica relacionada con otros tanques de almacenamiento metálicos que resisten

40 kW/m², así como la pared del dique de contención y las oficinas, estas últimas en la porción oeste del polígono, las cuales al ser de cemento resisten hasta 60 kW/m² (ver Tabla 9.47). Este escenario podría afectar una extensión de hasta 5,683 m² de las propiedades localizadas al sur del sitio del proyecto en la zona de alto riesgo. De éstas, un área de aproximadamente 5,283 m² corresponde a la terminal de transferencia de fluidos propiedad de Operadora de Terminales Marítimas (OTM) la cual cuenta con una granja de tanques de almacenamiento, utilizados para almacenar químicos como aceites minerales, diésel, acrilonitrilo, cloro, isopropanol, metanol y tolueno. Sin embargo, los tanques se encuentran fuera del radio de afectación de alto riesgo de este escenario. La zona que podría ser potencialmente afectada ha sido previamente impactada por actividades de despalde de acuerdo con fotografías aéreas. El resto de la superficie a afectar potencialmente al sur cuenta con vegetación en un área de aproximadamente 400 m², relacionada con selva tropical caducifolia presente al suroeste del proyecto. Como se describe en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) asociada a este Estudio de Riesgo, se contarán con medidas de mitigación (por ejemplo, repoblación mediante un plan de restauración de vegetación, cumplimiento con requerimientos adicionales contenidos en la resolución del ETJ, entre otras). Finalmente, se podría afectar un área de aproximadamente 17,774 m² de la propiedad localizada al norte del polígono del proyecto, esta propiedad cuenta con un área de maniobras de ferrocarril y dos edificios con paredes de concreto y techo de lámina, las estructuras metálicas y el concreto resisten hasta 40 y 60 kW/m², respectivamente (ver Tabla 9.47).

Adicionalmente en dicha área, no se considera la generación de efectos a la población ya que el área de riesgo de dicho evento no llegará a las vías de comunicación públicas, como es el caso del camino de acceso al puerto industrial de Altamira, el cual se localiza al oeste del polígono del proyecto. El poblado más próximo al sitio de estudio (Lomas del Real) se localiza a aproximadamente a 4.9 km del límite de radio de alto riesgo del evento, en dirección norte.

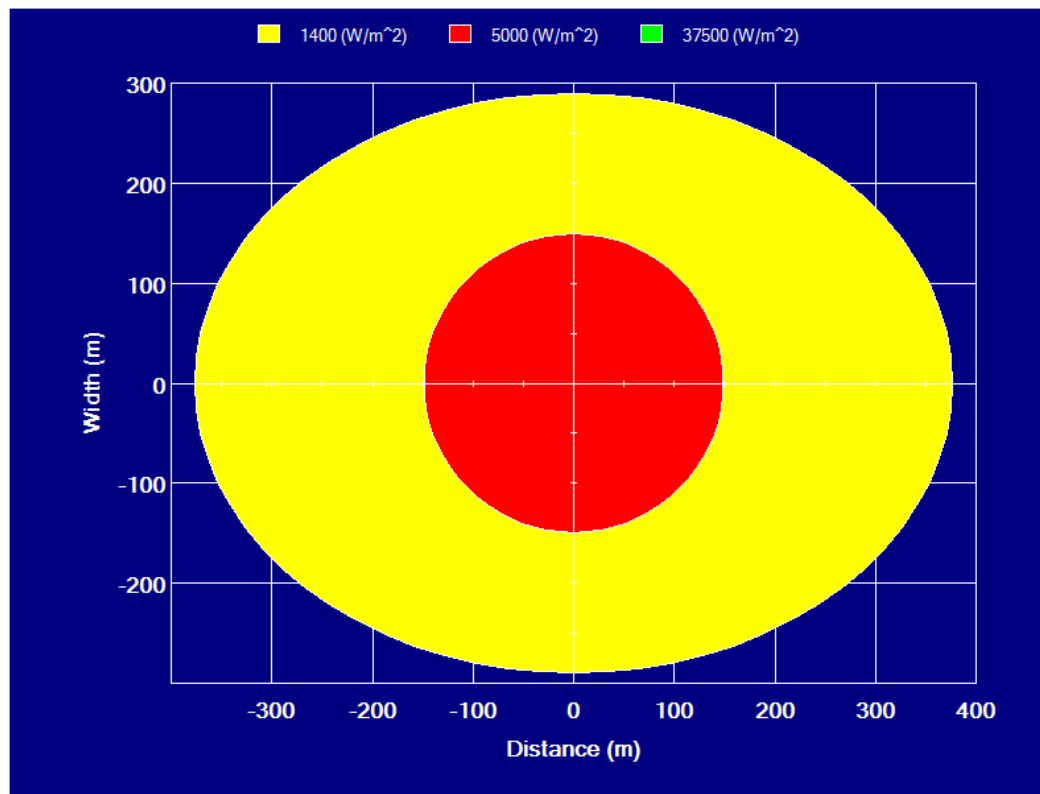


Figura 9.13 Perfil de isopleta de radiación térmica para el Escenario 6.

Escenario 12. Pérdida de contención en tanque de etanol.

Es relevante mencionar que dicho escenario sólo se presenta con fines ilustrativos debido a que se trata de un escenario que, aunque la severidad de sus consecuencias es alta (Nivel III), su probabilidad de ocurrencia es limitada y de acuerdo con las salvaguardas, ésta se reduce a un nivel remoto resultando en un nivel de riesgo aceptable.

De acuerdo con los resultados de las simulaciones, se superan los límites de las instalaciones del Proyecto en los alrededores inmediatos, para los radios relacionados con el área de alto riesgo y amortiguamiento, es decir con una radiación térmica de 1.4 kW/m², los cuales de manera general no superan los 446 m. En la Figura 9.14 se presentan los perfiles de las isopletas generados por el software. Sin embargo, en dicha área no se esperan efectos estructurales ni en las personas.

De acuerdo con la Figura 9.14, la zona de alto riesgo se ubica aproximadamente 176 m a partir de la fuente de emisión en todas direcciones. En dicha área se podrían presentar efectos por quemaduras de segundo grado en personal que pudiera estar en el radio de la zona de alto riesgo del escenario. Sin embargo, no

se prevé el daño estructural, ya que se encontrarán presentes la infraestructura metálica relacionada con otros tanques de almacenamiento metálicos que resisten 40 kW/m^2 , así como la pared del dique de contención y las oficinas, estas últimas en la porción oeste del polígono, las cuales al ser de cemento resisten hasta 60 kW/m^2 (ver Tabla 9.47). Este escenario podría afectar una extensión de hasta $49,400 \text{ m}^2$ de las propiedades localizadas al sur, este y norte del sitio del proyecto en la zona de alto riesgo. De éstas, un área de aproximadamente $18,510 \text{ m}^2$ corresponde a la terminal de transferencia de fluidos propiedad de Operadora de Terminales Marítimas (OTM) la cual cuenta con una granja de tanques de almacenamiento, utilizados para almacenar químicos como aceites minerales, diésel, acrilonitrilo, cloro, isopropanol, metanol y tolueno. Los tanques se encuentran dentro del radio de afectación de alto riesgo de este escenario, por lo cual debe tenerse especial cuidado con las instalaciones de OTM; sin embargo, hay que mencionar que la mayor radiación que presenta este escenario, 20 kW/m^2 por una distancia de 43 m, que, además de que no alcanza los tanques de almacenamiento de OTM, no tendría ningún impacto sobre la integridad de sus tanques de almacenamiento (ver Tabla 9.47). La zona que podría ser potencialmente afectada ha sido previamente impactada por actividades de despilme de acuerdo con fotografías aéreas. El resto de la superficie a afectar potencialmente al cuenta con vegetación en un área de aproximadamente $4,150 \text{ m}^2$, relacionada con selva tropical caducifolia presente al este del proyecto. Como se describe en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) asociada a este Estudio de Riesgo, se contarán con medidas de mitigación (por ejemplo, repoblación mediante un plan de restauración de vegetación, cumplimiento con requerimientos adicionales contenidos en la resolución del ETJ, entre otras). Finalmente, se podría afectar un área de aproximadamente $12,355 \text{ m}^2$ de la propiedad localizada al norte del polígono del proyecto, esta propiedad cuenta con un área de maniobras de ferrocarril y dos edificios con paredes de concreto y techo de lámina, las estructuras metálicas y el concreto resisten hasta 40 y 60 kW/m^2 , respectivamente (ver Tabla 9.47).

Adicionalmente en dicha área, no se considera la generación de efectos a la población ya que el área de riesgo de dicho evento no llegará a las vías de comunicación públicas, como es el caso del camino de acceso al puerto industrial de Altamira, el cual se localiza al oeste del polígono del proyecto. El poblado más próximo al sitio de estudio (Lomas del Real) se localiza a aproximadamente a 4.9 km del límite de radio de alto riesgo del evento, en dirección norte.

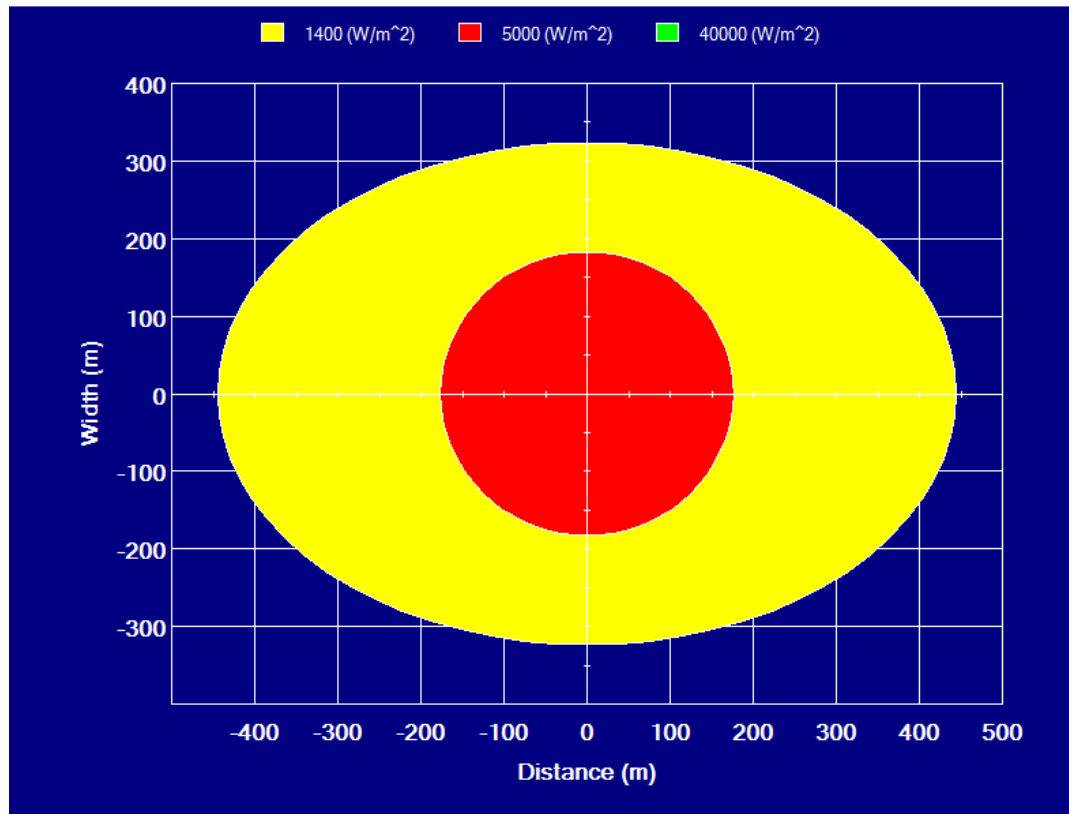


Figura 9.14 Perfil de isopleta de radiación térmica para el Escenario 12.

Evaluación de posibles interacciones de riesgo.

Tomado en cuenta el análisis de resultados indicados en la presente sección, los escenarios que tienen una zona de alto riesgo de mayor extensión con efectos por radiación térmica, corresponden al 6 y al 12 (176.4 m y 176.3 m, respectivamente).

Las posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos, tubería o instalaciones que se encuentren en la zona de alto riesgo, consideran la posibilidad de un efecto dominó en caso de no considerar salvaguardas, de acuerdo a los resultados de la evaluación de consecuencias (ver Anexo 9.7. Planos de radios de afectación) las cuales indicaremos a continuación.

Las interacciones de riesgo son las acciones recíprocas, influencias o efectos de riesgo, a las que de forma general pueden estar expuestas, tanto las instalaciones del proyecto de estudio, como las colindantes, así como aquellas que se encuentren dentro de la zona de alto riesgo por radiación de los eventos más probables, así como máximo catastróficos.

Para el análisis de una posible interacción de riesgo, se consideró el evento que presentó mayores diámetros de riesgo, siendo éste el escenario 6. Aun cuando este evento presenta una probabilidad de ocurrencia baja, como se ha mencionado en el apartado del análisis de identificación y jerarquización de riesgos, es el parámetro que se utiliza para poder determinar que en caso de ocurrencia del mismo, no se verían afectados componentes ambientales de interés como son los cuerpos de agua (cauces y/o ríos), las comunidades o centros de

concentración masiva de personas, las áreas ambientales protegidas o de conservación, y las instalaciones con actividades de alto riesgo.

De acuerdo a los resultados de la modelación de dichos eventos, se puede concluir que el valor máximo de radiación térmica que podría presentarse está relacionado con un valor de 20 kW/m² en un radio de 64.5 m alrededor de la fuente (escenario 2). Este radio de afectación excede los límites del sitio hacia el sur, e incluye aproximadamente 5,200 m² de la propiedad contigua hacia el sur, correspondiente a la terminal de transferencia de fluidos propiedad de Operadora de Terminales Marítimas (OTM) la cual cuenta con una granja de tanques de almacenamiento, utilizados para almacenar químicos como aceites minerales, diésel, acrilonitrilo, cloro, isopropanol, metanol y tolueno. Sin embargo, los tanques se encuentran fuera del radio de afectación de este escenario. La zona que podría ser potencialmente afectada ha sido previamente impactada por actividades de despalme de acuerdo con fotografías aéreas. Los radios de máxima radiación térmica para el resto de los escenarios quedan totalmente inmersos dentro de la propiedad, y la infraestructura presente en dichas áreas es constituida por metal y acero, los cuales resisten dichas temperaturas. No se identificaron otros sitios de interés en dichos radios de riesgo. Únicamente se verían afectadas infraestructuras propias de la misma instalación como son oficinas y/o áreas de almacenamiento.

Adicionalmente, de acuerdo con la estadística de incidentes del promovente, no se han presentado en sus instalaciones desde el año 2014 ningún incidente que resultara en fuego o explosión. Todos los incidentes están relacionados con derrames.

Por lo anterior, podemos concluir que siempre y cuando, Valero cumpla con criterios de diseño presentados, instale todos los dispositivos de seguridad y se mantenga dentro del régimen de operaciones propuesto, no existirán interacciones altamente riesgosas y con una probabilidad alta que pudieran afectar el proyecto. No obstante lo expuesto, en el apartado siguiente se detallan las medidas de seguridad y recomendaciones técnico - operativas.

Adicionalmente, empleando el modelo de causalidad de pérdidas (ver Figura 9.15), nos indica que los incidentes que se pudieran presentar en la planta como los que se ejemplifican en la siguiente imagen, pueden ser mitigados a través de las salvaguardas con las que cuenta el proyecto.



Figura 9.15 Modelo de causalidad de pérdidas.

De acuerdo con la Figura 9.15, con la finalidad de evitar los incidentes que puedan provocar algún tipo de pérdida, el promovente cuenta con elementos que cubren los siguientes puntos, los cuales se encuentran descritos en la sección denominada como Señalamiento de las Medidas en Materia Ambiental, lo cual le permite identificar y evitar pequeños incidentes previniendo eventos con gran potencial de riesgo, como son:

- Proceso de control del proceso basado en programas adecuados para los trabajos realizados dentro del proyecto tanto para personal interno como subcontratistas.
- Se cuenta con una herramienta que permite analizar todos los posibles factores del trabajo que pudieran provocar un incidente, y en caso de identificarse desviaciones se establece que se deberán de emplear medidas administrativas para evitar lo anterior por medio del equipo de protección personal y supervisión, así como con capacitación continua.
- Se tienen medidas administrativas para evitar que sucedan actos y condiciones inseguras, ya que todo trabajo que se realice en alguna condición insegura dentro del proyecto deberá de contar con procesos administrativos para su autorización.

De acuerdo con el análisis de incidentes históricos, se menciona que el 32% de las causas de accidentes en tanques de almacenamiento está relacionado con incendios causados por relámpagos, por lo que el proyecto contará con un sistema de tierras y pararrayos, el cual cubrirá los tanques de almacenamiento y las actividades de trasvase.

Las causas que representan el 13% de los accidentes en tanques de almacenamiento son resultantes de las operaciones de mantenimiento/ actividades a temperaturas elevadas, por lo cual como se he mencionado anteriormente y se describe a detalle en la sección denominada como

Señalamiento de las Medidas en Materia Ambiental, el promovente cuenta con diversas políticas que establecen de forma obligatoria la solicitud de permisos para actividades riesgosas, así como el análisis de los posibles incidentes que los trabajos podrían causar y los elementos de seguridad requeridos para minimizar dichos riesgos.

En estos escenarios, no se esperan efectos estructurales; sin embargo, sí se espera afectación al personal en los límites de la Zona de Alto Riesgo. Se esperaría dolor en los primeros 20 segundos de exposición con probabilidad de quemaduras de segundo grado.

Tomando en cuenta que los casos presentados son extremos y sin considerar salvaguardas, la probabilidad de interacciones dentro de la zona de alto riesgo es baja y dentro de los efectos que podrían encontrarse sería serían quemaduras en las personas que se encontrarán en los límites inmediatos de la generación de escenario. Las salvaguardas incluyen equipos de emergencia y sistemas de protección contra incendio que actuarían en caso de la presencia de un potencial incendio, tal como se describe a lo largo del presente documento.

9.5.9 *Efectos sobre el sistema ambiental.*

Es importante recalcar que los escenarios analizados son sin considerar salvaguardas y tienen una probabilidad limitada de ocurrencia. Se puede concluir que, como resultado del escenario 6 o 12, las posibles afectaciones podrían abarcar áreas identificadas como selva tropical caducifolia. El promovente contará con medidas de mitigación para los casos donde se llegara a afectar este tipo de vegetación (las medidas se encuentran detalladas en el Capítulo 6 de esta MIA); adicionalmente, se observarán todas las medidas dispuestas por las autoridades ambientales en la resolución correspondiente al ETJ de este Proyecto. Así mismo, el área en estudio se encuentra dentro de las instalaciones del puerto industrial de Altamira; por otra parte, el cuerpo de agua más cercano al proyecto se localiza a 200 m con respecto al área donde podría presentarse el radio de afectación del efecto catastrófico, así mismo la población con mayor cercanía se encuentra a 4.9 km del límite de radio de afectación del evento, en dirección norte.

Cabe mencionar que, debido a la proximidad del proyecto con respecto a cuerpos de agua existentes podría contribuir a amortiguar la radiación térmica en el área en caso de incendio. Los cuerpos de agua más cercanos son el mar, localizado aproximadamente a 200 m al este del límite del proyecto y lagunas costeras, localizadas aproximadamente a 190 m al sur del límite del proyecto.

9.6

SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS EN MATERIA AMBIENTAL.

9.6.1

Recomendaciones técnico – operativas.

Como se mencionó anteriormente, en los casos donde se consideró que las salvaguardas podrían ser insuficientes, se procedió a realizar recomendaciones. Como resultado del análisis *What-if?*, en la siguiente tabla se muestran las recomendaciones técnico-operativas, para todos los riesgos jerarquizados con nivel 2, y que son indispensables para evitar accidentes catastróficos dentro de las instalaciones (véase Tabla 9.62):

Tabla 9.62 Recomendaciones técnico –operativas.

<i>No. de Recomendación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Responsable</i>
1	Asegurar la aplicación de los estándares de ingeniería dictados por la CFE, para la construcción y diseño de las instalaciones y así poder estar preparados para soportar desastres naturales (huracanes, rayos e inundaciones).	Departamento de Ingeniería
2	Asegurar la aplicación de los estándares de ingeniería para el diseño y la construcción de las tuberías de proceso, de acuerdo a lo dictado por el estándar ASME B31.3.	Departamento de Ingeniería
3	Implementar los estándares de clasificación eléctrica a prueba de explosiones para las áreas donde se manejen líquidos inflamables, concretamente con lo citado por el NFPA 497.	Departamento de Ingeniería
4	Confirmar que el sistema de sobrellenado (indicador de nivel, alarma por alto nivel y paro de bomba por alto nivel) de los tanques para el almacenamiento de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y Etanol estén operando correctamente en todo momento.	Departamento de Ingeniería
5	Los procedimientos operacionales para el llenado de los tanques de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y Etanol deben estar disponibles y seguirse apropiadamente.	Departamento de Ingeniería.
6	Tener más sistemas de instrumentación que los estrictamente necesarios (Redundancia en los instrumentos).	Departamento de Ingeniería.
7	Los procedimientos para el drenado del techo flotante de los tanques de gasolina regular, gasolina Premium, MTBE y Etanol deben estar disponibles y seguirse apropiadamente.	Departamento de Ingeniería.
8	Seguir apropiadamente los procedimientos de inspección para el techo de los tanques de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y Etanol.	Departamento de Ingeniería.
9	Implementar estándares de ingeniería apropiados para el diseño e instalación de los tanques de almacenamiento de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y Etanol; concretamente con lo dictado por el estándar API 650.	Departamento de Ingeniería.

<i>No. de Recomendación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Responsable</i>
10	Asegurar que la bomba se apague cuando se detecte bajo nivel en el tanque (Paro de bomba por bajo nivel).	Departamento de Ingeniería.
11	Tener un plan de respuesta a emergencias para gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y etanol, antes de comenzar cualquier operación.	Departamento de Ingeniería.
12	Asegurar la aplicación de los estándares de ingeniería para el diseño y construcción para evitar incompatibilidad de las sustancias químicas con los materiales de los equipos (sellos de válvulas, empaques, etc.).	Departamento de Ingeniería.
13	Asegurar que se coloquen sellos “EYS con Chico” a todos los conductos eléctricos, instrumentos, motores de bombas, etc., para evitar perder la clasificación eléctrica a prueba de explosión, por no sellar la salida de cables conforme a los requerimientos del “National Electric Code (NEC)”, el NFPA 497 y la NOM-001-SEDE-2012.	Departamento de Ingeniería.
14	Implementar diseños de ingeniería estándar para seguridad eléctrica y la instalación del sistema de puesta a tierras y sistema de pararrayos, de acuerdo a NFPA 30 and NOM-022-STPS-2015.	Departamento de Ingeniería.
15	Asegurar que los procedimientos de conexión a tierra existan y se sigan adecuadamente, antes de realizar cualquier operación de carga o descarga de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y etanol.	Departamento de Ingeniería.
16	Los conductores/ operadores deben estar certificados para realizar las operaciones de carga y descarga de gasolina regular, gasolina Premium, diésel, MTBE y etanol.	Departamento de Ingeniería.
17	Los procedimientos para la recuperación de vapor/ sistema de destrucción deben estar disponibles y seguirse apropiadamente	Departamento de Ingeniería.
18	Contar con un procedimiento de inspección y mantenimiento para válvulas y accesorios	Departamento de Ingeniería.
19	Diseñar un método para revisar la capacidad de contención para auto-tanques.	Departamento de Ingeniería.
20	Asegurar contar con procedimiento para la inspección y mantenimiento de instrumentos.	Departamento de Ingeniería.

El resto de las recomendaciones, identificadas en el What if?, junto con las antes mencionadas, están disponibles en las hojas de trabajo del What if? en el Anexo 9.5 de este documento.

Debido a que el Proyecto aún se encuentra en la etapa de diseño, las salvaguardas no han sido implementadas; sin embargo, se señaló a manera de recomendación que el promovente se asegure de que cada una de las salvaguardas propuestas sea implementada adecuadamente.

Es importante mencionar que en los casos donde no se consideró necesaria la implementación de salvaguardas adicionales, se introdujo la siguiente leyenda

“Asegurar la implementación de las salvaguardas aplicables”; estas salvaguardas variaron en función de cada una de las causas, por lo cual la leyenda no necesariamente se repite en todos los casos. El equipo que realizó el análisis *What-if* propuso diferentes salvaguardas, las cuales tienen que ver con procedimientos de operación, controles de ingeniería, especificaciones de diseño de la instalación, entre otras. Estas salvaguardas fueron propuestas con base en las especificaciones sobre las que se está realizando el diseño de la instalación y sobre las salvaguardas con las que se cuenta en otras plantas del promovente.

Además, debido a que las instalaciones colindarán con instalaciones industriales, las cuales cuentan con recipientes de almacenamiento de materiales, el promovente considerará como una salvaguarda adicional, la elaboración e implementación de planes de ayuda mutua con las empresas vecinas del sitio del Proyecto. Esto ayudará a conocer los riesgos derivados de las operaciones de las plantas vecinas y a su vez éstas conocerán los riesgos relacionados con las operaciones del promovente así como a definir las responsabilidades y acciones a realizar en caso de emergencia en las instalaciones del proyecto. Esta es una práctica llevada a cabo por Valero en sus diversas instalaciones alrededor del mundo y que ha contribuido a la baja incidencia de accidentes con consecuencias graves; en 2015, las refinerías de Valero obtuvieron los premios “Stars Among Stars” de OSHA por las bajas tasas de incidencia en comparación con los promedios de la industria (Summary Annual Report, Valero, 2015).

9.6.2 *Planes de respuesta a emergencias.*

El promovente desarrollará un Plan de Respuesta a Emergencias específico para el proyecto, el cual cumplirá con lo solicitado en el Apartado XIII Preparación y Respuesta a Emergencias de los Lineamientos del Sistema de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente emitidos por la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) y lo solicitado en el Capítulo VI del Programa para Prevención de Accidentes SEMARNAT-07-013, vigente o que lo modifique o lo sustituya.

Para dar una respuesta de emergencia oportuna el proyecto se apoyará en las agencias locales (tales como departamentos de bomberos municipales o grupos de ayuda mutua) o en terceros (como una organización de respuesta a derrames de petróleo).

El Plan de Respuesta a Emergencia específico para el proyecto considerará todos los procedimientos establecidos para la atención de emergencias al interior y al exterior de la instalación, determinados en el presente Análisis de Riesgos como eventos probables de ocurrencia.

Adicionalmente se cumplirá con los siguientes aspectos, estipulados en la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-003-ASEA-2016:

Procedimiento de emergencia operacional.

Se establecerán procedimientos para al menos los siguientes casos:

- Falla de energía eléctrica;
- Falla de comunicaciones (entre almacenamiento, bombeo, carga, y descarga);
- Sobrellenado de tanque, auto-tanque, carro-tanque;
- Perdidas de contención en tanque, auto-tanque, carro-tanque;
- Por bajo nivel de succión en bombas;
- Falla de aire de instrumentos (si se cuenta con instrumentación neumática);
- Detección de altos niveles de explosividad, y
- Operación parcial del sistema de control de Seguridad Operativa.

Dichos procedimientos contendrán la secuencia lógica en caso que los parámetros de control del proceso se encuentren fuera de sus límites seguros de Operación hasta llevar el sistema a una condición segura.

9.6.3 *Sistemas de Seguridad.*

Sistema contra incendio.

La empresa contará con sistema fijo contra incendio y un sistema de detección como se muestra en la Tabla 9.63.

Tabla 9.63 *Sistemas mínimos de detección y extinción de incendios.*

Área o equipamiento	Sistema de extinción	Sistema de detección
Cuarto eléctrico	Gas de extinción de flama	Detector de gas combustible tipo IR
Área de carga y descarga	Monitores de espuma	Detector de flama tipo Multi-Espectro y Detector de gas combustible tipo IR
Oficinas y Cuarto de control	Sistemas de rociadores automáticos	Detector de gas combustible tipo IR y unidad de alarma audible- visible
Bodega y área de mantenimiento	Sistemas de rociadores automáticos	Detector de gas combustible tipo IR y unidad de alarma audible- visible
Fuente: Fire Protection Description_Altamira, Valero, 2018.		

Las instalaciones contarán con extintores portátiles apropiados de acuerdo con los riesgos identificados en la terminal.

Al momento del desarrollo de la ingeniería, se tienen considerados este número de extintores; pero este valor puede ser ajustado para cumplir con la normatividad aplicable cuando inicien las operaciones de la instalación.

Señalamientos de seguridad y código de colores.

El acceso a las áreas destinadas al almacenamiento de materiales peligrosos estará restringido solo para el personal autorizado, capacitado y designado por la empresa.

Los recipientes, equipos y tuberías que almacenarán o transportarán sustancias peligrosas estarán codificados con un color específico dentro de las instalaciones e indicando el sentido de flujo de las sustancias; además, las señalizaciones existentes serán las mínimas necesarias. Los recipientes con sustancias químicas peligrosas tendrán una identificación de acuerdo a la NOM-018-STPS-2015.

Valero contará con señalamientos de seguridad para las áreas donde se manejan sustancias químicas peligrosas. La empresa tendrá señalización para las rutas de evacuación y puntos de reunión. Todas las áreas cerradas de proceso, oficinas, talleres y laboratorios contarán con salida de emergencia las cuales se encontrarán libres de obstáculos y con señalamientos adecuados de acuerdo a los requisitos de protección civil y la NOM-026-STPS-2008.

Equipo e instalaciones contra fugas y derrames.

Todos los tanques de almacenamiento contarán con diques de contención, diseñados para contener el 120% de volumen del tanque de mayor capacidad dentro del área y serán de concreto para evitar una posible infiltración en el suelo.

Además, debe mencionarse, que la sección de la VCCP y tuberías del muelle contará con una trinchera contra derrames, la cual estará diseñada para contener el volumen de sustancias químicas contenido en esa sección de la instalación.

Por otro lado, en el área de carga de auto-tanques y carro-tanques se realizará la construcción de un sistema de contención para posibles derrames.

Por último, debe mencionarse que todas las áreas en donde se manejen compuestos inflamables, estará clasificada eléctricamente a prueba de explosiones.

Equipos de proceso.

Para el caso de las áreas de tanques de almacenamiento de compuestos químicos (Gasolina Regular, Gasolina Premium, Diésel, MTBE y Etanol), en donde son usadas una gran cantidad de las sustancias químicas peligrosas, los equipos contarán con un sistema de control de proceso: "Controlador Lógico Programable (PLC)", para tener un control el nivel de los tanques de proceso, durante una carga de los mismos. El PLC estará programado para parar la bomba en caso de alto y bajo nivel del tanque; además, contará con alarmas por alto y bajo nivel.

Además, en las líneas de descarga a auto-tanques y carro-tanques, existirá un “interlock”, junto con una válvula de control, para realizar el control de flujo de carga de pipas.

Sistema de pararrayos.

Por último, hay que mencionar que la empresa tiene contemplado el diseño e instalación de un sistema de pararrayos, que tendrá cobertura para toda la instalación; y un sistema de puesta a tierras para realizar las operaciones de descarga y para aterrizaje de los tanques de almacenamiento de compuestos químicos inflamables y combustibles.

9.6.4 Medidas preventivas.

Mantenimiento.

El proyecto cumplirá con lo estipulado en la sección trece (13) de la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-003-ASEA-2016, entre los aspectos relevantes se encuentran los siguientes aspectos:

- Se desarrollará un manual de mantenimiento el cual contará con los siguientes puntos:
 - Se especificará para cada componente del equipo crítico de la instalación de Almacenamiento, Recepción y Entrega la verificación, pruebas y el mantenimiento periódico. El cual se desarrollará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y las buenas prácticas reconocidas en la industria para asegurar el funcionamiento adecuado del proyecto;
 - Contará con desgloses mensuales para controlar la realización de los trabajos de verificación, pruebas y mantenimiento;
 - Se desarrollarán los procedimientos e instructivos para realizar los trabajos de verificación, pruebas y mantenimiento especificados en los programas correspondientes;
 - Los procedimientos de mantenimiento incluirán instrucciones para garantizar la seguridad de las personas, el medio ambiente y las instalaciones;
 - Se realizará un listado de los equipos críticos y su refaccionamiento almacenado, o en su defecto, se desarrollarán procedimientos que aseguren la disponibilidad del refaccionamiento requerido de la refacción requerida, y
 - Se generará un listado del personal que cubre los puestos que realizará las actividades en los equipos e instalaciones, de los cuales se anexará evidencia de su capacitación.

Permisos de trabajo.

Previo a la realización de un trabajo peligroso se debe de obtener el permiso correspondiente de acuerdo a lo establecido en los procedimientos de Valero y con NOM-EM-003-ASEA-2016.

Adicionalmente, el sistema de permisos de trabajos para la autorización y ejecución de trabajos con riesgo que se desarrollara para el proyecto, establecerá el análisis de seguridad en el trabajo y la verificación de medidas de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente en trabajos de Construcción, Montaje, Operación, Mantenimiento de instalaciones; para actividades no rutinarias.

Así mismo, se cumplirá con el Apartado A de la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-003-ASEA-2016 "*Control de Actividades, Arranques y Cambios*" de las DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente, aplicables a las Actividades del Sector Hidrocarburos que se indican, emitidos por la Agencia.

Inspección, pruebas y mantenimiento de tanques de almacenamiento y la instrumentación asociada.

En el Mantenimiento de tanques para Almacenamiento se realizará de acuerdo a lo estipulado en la Norma Oficial Mexicana NOM-EM-003-ASEA-2016. El cual incluirá de manera enunciativa y no limitativa, las siguientes actividades:

- La verificación, pruebas y mantenimiento cumplirán con las Normas, Códigos, Estándares nacionales y/o internacionales, referidos en la norma mencionada;
- Serán inspeccionados para identificar, en su caso, corrosión externa e interna, deterioro y daños que puedan aumentar el riesgo de fuga o falla;
- Los intervalos entre verificaciones, así como las técnicas de verificación aplicadas, serán determinados aplicando las Normas, Códigos y Estándares aceptadas a nivel nacional y/o internacional, referidos en el contenido de norma mencionada;
- Se incluirá el mantenimiento requerido y probará periódicamente los instrumentos para monitorear y controlar la Operación de los tanques y recipientes para Almacenamiento, como alarmas de nivel, temperatura, entre otros;
- Se dará el mantenimiento requerido y se probará el funcionamiento de las válvulas de aislamiento de los tanques, de venteo, presión-vacío, de seguridad y alivio de presión de los tanques y recipientes para Almacenamiento;

- Se dará el mantenimiento requerido y se probará el funcionamiento del techo flotante externo y/o techo flotante interno y sus complementos, de tanques de Almacenamiento verticales;
- Si derivado de los reportes de verificación históricos realizados a los tanques, se determina que se requiere de un dictamen, éste será avalado por un inspector API 653.

Pruebas de hermeticidad de tanques.

- Todos los tanques verticales durante su vida útil en Operación, serán retirados de forma periódicamente para realizarles el Mantenimiento, verificación y pruebas de hermeticidad que requieren de acuerdo al estándar API 650.
- A todos los tanques verticales que sean construidos en taller o en campo, se les realizarán todas las pruebas No Destructivas necesarias en las uniones de soldadura de sus placas, antes de su puesta en servicio.

Inspección, pruebas y mantenimiento de equipos de carga y descarga.

Las tuberías, conexiones, brazos de carga y mangueras, instrumentación, válvulas, filtros, bombas, cumplirán con un programa de verificación, pruebas y mantenimiento para que opere en forma segura, el cual incluirá de manera no limitativa, lo siguiente:

- Se someterán a revisión y pruebas los brazos de carga y las mangueras, y dependiendo del resultado de éstas, se realizará su sustitución conforme a la vida útil recomendada por el fabricante;
- Se mantendrá una tarjeta de identificación con fecha de próxima revisión;
- El Mantenimiento de las bombas de procesos incluirá inspecciones, pruebas, mediciones de parámetros en función de las recomendaciones del fabricante;
- El mantenimiento a los compresores se realizará siguiendo las indicaciones del manual del fabricante;
- Se proporcionará el mantenimiento a toda la instrumentación existente en la instalación, así como indicadores de presión, temperatura, nivel, flujo y densidad, entre otros de acuerdo a la recomendación del fabricante;
- Se proporcionará el mantenimiento a todas las válvulas de compuerta, control de retroceso (válvula check o de retención), de control, de venteo y alivio de presión, entre otros, de acuerdo a lo estipulado por el fabricante.

Sistemas complementarios.

Dentro del programa de mantenimiento se incluirán los siguientes sistemas complementarios:

- Drenajes de toda la instalación, incluido el separador de agua-aceite.

- Diques de contención: Se realizarán inspecciones visuales periódicas y pruebas de hermeticidad de lozas de piso y juntas verticales de muros, así como el sellado de juntas en el paso de tuberías.
- Para el control de la corrosión de las instalaciones y componentes, y conservación de la integridad mecánica, se debe considerar al menos lo siguiente para los elementos de la tubería internos:
 - Las instalaciones superficiales que estén expuestas a la atmósfera, se limpiaran y mantendrán para proteger con recubrimientos anticorrosivo para prevenir la corrosión;
 - Un mecanismo y programa de inspección periódica, para medir, registrar el histórico y monitorear la corrosión interna de todas las tuberías, así como programar y realizar el reemplazo y/o reparaciones necesarias;
 - Se programará la verificación visual de las juntas de conexión bridadas de las tuberías, tanques y componentes (fugas, empaques, tornillería) y su niplería;
 - Inspección visual del anclaje y soportes de las tuberías, tanques de Almacenamiento y sus componentes y,
 - En caso de identificarse una alta velocidad de corrosión se instalará sistema de protección anticorrosivos y de acabado,
- Instalación eléctrica: Se incluirá el requerimiento de inspecciones visuales en toda la instalación eléctrica y en su caso se deberán de atender las observaciones detectadas.
- Vialidades, accesos y estacionamientos se mantendrán en buen estado de conservación y libre de desperdicios, desechos y otros materiales. Las vías de acceso para los vehículos de control de incendios siempre deben conservarse libres de obstáculos y en buenas condiciones.
- Sistemas de control. Para dicho sistema se contemplarán como mínimo las siguientes medidas:
 - Probar regularmente los sistemas de control de las variables del proceso de Recepción, almacenamiento y Entrega, los dispositivos de paro automático del proceso y el paro de emergencia y,
 - Cuando un componente esté protegido por un dispositivo de seguridad único y éste sea desactivado para mantenimiento o reparación, el componente puede ponerse fuera de servicio, siempre y cuando se implementen medidas de seguridad alternas.
- Sistemas contra incendio. Dentro del programa de mantenimiento preventivo y correctivo se garantizará que todos los sistemas de protección contra incendio y todos sus componentes se encuentren operables o en su caso se efectuarán las acciones requeridas, así mismo se incluirá la verificación y pruebas periódicas. Lo anterior se realizará con base en la frecuencia especificada por el fabricante o del Estándar NFPA 25 y en función del componente considerado. Una vez que se tenga un historial de registros del desempeño y mantenimiento de los sistemas y componentes contra incendio, podrán ser inspeccionados, probados y mantenidos bajo un programa de mantenimiento basado en su desempeño.

- Sistema de protección ambiental. Dentro del programa de mantenimiento e incluirá para su conservación la infraestructura dedicada a la protección ambiental por residuos peligrosos y tratamiento de aguas residuales. Por medio del mantenimiento preventivo se garantizará la integridad mecánica y estructural de equipos tales como: tanques, tuberías, equipos de bombeo entre otros, evitando con ello la pérdida de contención por fugas y derrames.

9.6.5

Otras salvaguardas prácticas de trabajo seguro.

Calificación de la seguridad del contratista.

Valero implementará un programa de administración de contratistas para garantizar un proceso completo y sistemático para seleccionar, calificar y administrar la seguridad industrial, la seguridad operacional y el desempeño ambiental de todos los contratistas, subcontratistas, proveedores de servicios y proveedores que trabajan en o para los sitios de Valero.

Entrenamiento.

Se desarrollará un inventario de necesidades de capacitación para cada etapa del proyecto, es decir; construcción, operación, cierre y desmantelamiento, según la naturaleza de las tareas y actividades que se realicen, los riesgos e impactos asociados, las mejores prácticas de la compañía y los requisitos legales aplicables. Se desarrollará una matriz de capacitación que relaciona las necesidades de capacitación y las funciones específicas del trabajo, incluidas las realizadas por los empleados, contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores. Cualquier requisito de competencia específico asociado con las funciones del trabajo también se identifica en la matriz de capacitación, como verificación de conocimiento, verificación de desempeño o certificación de terceros / industria.

Las necesidades de capacitación (incluidas las expectativas de capacitación y competencia) se documentarán, mantendrán actualizadas y se dará seguimiento desde el inicio hasta su finalización. Se requiere que los nuevos empleados o los empleados que tienen nuevas funciones laborales, incluida la operación o el mantenimiento de equipos nuevos, completen la capacitación específica para el trabajo dentro de un marco de tiempo establecido.

Manejo del cambio.

Se ha desarrollado e implementado un proceso formal de Gestión del Cambio (MOC) para gestionar y comunicar los cambios relacionados con sustancias peligrosas, tecnología, instalaciones, equipos, procedimientos, organización y personal, incluidos contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores cuyas actividades implican riesgos para la instalación, el público o el medio ambiente.

Estándares de Prácticas de Trabajo Seguro

Se han desarrollado e implementado estándares de prácticas de trabajo seguro ("Procedimientos de Seguridad y Salud", SHP por sus siglas en inglés) para establecer expectativas escritas para la planificación y ejecución de actividades de alto riesgo. Los SHP se aplican durante todas las etapas del desarrollo del proyecto, es decir; construcción, operación, cierre, desmantelamiento, y para todo el personal del sitio, incluidos contratistas, subcontratistas, prestadores de servicios y proveedores que trabajan dentro del control operativo de Valero.

Reporte e investigación de incidentes.

Se ha desarrollado e implementado un proceso formal de reporte e investigación de incidentes cuya finalidad es asegurar un enfoque sistemático para reportar, notificar e investigar incidentes de seguridad y salud y casi accidentes.

9.7 **RESUMEN.**

9.7.1 **Conclusiones del estudio de riesgo ambiental.**

Se realizó un Análisis de Riesgo Ambiental para la Terminal de Almacenamiento y Reparto de Combustibles en Altamira, Tamaulipas ("El Proyecto"). El Proyecto consiste en:

1. Descarga de gasolina Regular/Premium, MTBE, Etanol y Diésel del muelle marítimo hacia los tanques ubicados en la Terminal de Almacenamiento,
2. Almacenamiento de compuestos químicos en la Terminal, y
3. Descarga de estos productos a auto-tanques y carro-tanques.

El Proyecto contará con un proceso de almacenamiento para cada uno de los combustibles y químicos, además de los sistemas auxiliares que soportan el funcionamiento de la Terminal, los principales sistemas se describen a continuación:

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Regular.

Este sistema contará con tres tanques de techo flotante, con capacidades de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 MM L) cada uno.

Sistema de Almacenamiento de Gasolina Premium.

Este sistema contará con un tanque de techo flotante, con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles (15.9 MM L).

Sistema de Almacenamiento de Diésel.

Este sistema contará con tres tanques de techo fijo, dos de estos tanques con capacidad de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 MM L) cada uno y el tanque restante con capacidad de almacenamiento de 100,000 barriles (15.9 MM L).

Sistema de Almacenamiento de MTBE o Etanol.

Este sistema contará con un tanque de techo flotante, con capacidades de almacenamiento de 150,000 barriles (23.8 MM L). Aquí, hay que mencionar que este tanque, y todos los equipos, tuberías e instrumentos que lo acompañan podrán ser usados para almacenar tanto MTBE como Etanol.

Otros sistemas incluyen: Sistema de carga de carro-tanques, sistema de carga de auto-tanques y sistema de recuperación de vapores.

La cantidad de ***gasolina y etanol*** excede el límite publicado dentro del "Segundo listado de actividades altamente riesgosas" publicado en el Diario Oficial de la

Federación el 7 de Mayo de 1992 (550,000 barriles vs 10,000 barriles y 18,900,000 kg vs 20,000 kg). Por lo anterior, el presente análisis se enfocó en estas sustancias.

Se realizaron dos talleres de identificación de peligros y jerarquización de riesgos utilizando la metodología ¿Qué pasa si...? (What-if jerarquizado). Las sesiones contaron con la participación de expertos de Valero en las áreas de diseño, operación, mantenimiento, seguridad e higiene, entre otras.

Después de la evaluación de riesgo residual (al considerar salvaguardas) ningún escenario fue clasificado con riesgo por encima de nivel aceptable (alto o medio), por lo que de acuerdo al grupo interdisciplinario participante en la sesión de identificación de peligros y jerarquización de riesgo, los riesgos evaluados son aceptables.

Para efectos de modelación, se tomaron en consideración la clasificación preliminar de riesgo antes de las medidas de control, ya que como resultado del riesgo residual no se justificaría la evaluación de consecuencias a través de modelación. Sin embargo, debe considerarse que estos escenarios son casos extremos y de probabilidad limitada y, como se ha mencionado anteriormente, sin la existencia de salvaguardas.

Los resultados de riesgo antes de considerar salvaguardas indicaron cincuenta y dos (52) eventos categorizados con riesgo Nivel 2, cuarenta y ocho (48) con Nivel 1, y treinta y uno (31) con Riesgo Aceptable. Las consecuencias de estos eventos fueron principalmente: Derrame e incendio, incendio, atmósfera inflamable y derrame.

Los 52 eventos categorizados con riesgo Nivel 2 (nivel de riesgo más alto en base a lo documentado durante la sesión de identificación) consideran como receptores el personal o el medio ambiente, razón por la cual varios de ellos se repiten. Sin embargo, pueden reducirse a 26 eventos considerando ambos receptores para evitar repeticiones. Posteriormente, estos 26 eventos fueron jerarquizados de acuerdo con su severidad, resultando en 17 eventos con severidad III. Finalmente, estos 17 eventos fueron agrupados en 12 diferentes escenarios, los cuales fueron sujetos a modelación (para detalles sobre los escenarios, ver Tabla 9.47).

Los radios de afectación se determinaron utilizando el software TRACE (versión 9, desarrollado por SAFER SYSTEMS), el cual cuenta con capacidad para realizar simulaciones dinámicas; es decir, dispersión de nubes inflamables y/o tóxicas y ondas de sobrepresión en función del tiempo. Como resultado de las modelaciones, las zonas de Alto Riesgo exceden los límites del proyecto en dos escenarios, los cuales se describen a continuación:

- **Escenario 6** - Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de gasolina regular. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico)

- **Escenario 12** - Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico)

Los radios de afectación de estos escenarios fueron de 176.4 y 176.3 m, zonas de alto riesgo, respectivamente.

En estas áreas se podrían presentar efectos por quemaduras de segundo grado en personal que pudiera estar en el radio de la zona de alto riesgo del escenario. Sin embargo, no se prevé el daño estructural, ya que se encontrarán presentes la infraestructura metálica relacionada con otros tanques de almacenamiento metálicos que resisten 40 kW/m^2 , así como la pared del dique de contención y las oficinas; estas últimas en la porción oeste del polígono, las cuales al ser de cemento resisten hasta 60 kW/m^2 (ver Tabla 9.47). El escenario 12 podría afectar una extensión de hasta $49,400 \text{ m}^2$ de las propiedades localizadas al sur, este y norte del sitio del proyecto. De éstas, un área de aproximadamente $18,510 \text{ m}^2$ corresponde a la terminal de transferencia de fluidos propiedad de Operadora de Terminales Marítimas (OTM) la cual cuenta con una granja de tanques de almacenamiento, utilizados para almacenar químicos como aceites minerales, diésel, acrilonitrilo, cloro, isopropanol, metanol y tolueno. Los tanques se encuentran dentro del radio de afectación de alto riesgo de este escenario, por lo cual debe tenerse especial cuidado con las instalaciones de OTM; sin embargo, hay que mencionar que la mayor radiación que presenta este escenario, 20 kW/m^2 por una distancia de 43 m, que, además de que no alcanza los tanques de almacenamiento de OTM, no tendría ningún impacto sobre la integridad de sus tanques de almacenamiento (Ver Tabla 9.47).

De acuerdo con fotografías aéreas, la zona que podría ser potencialmente afectada ha sido previamente impactada por actividades de despilme no relacionadas con las actividades del Proyecto, objeto de este estudio. El resto de la superficie a afectar potencialmente al sur cuenta con vegetación en un área de aproximadamente $4,150 \text{ m}^2$, lo cual representa aproximadamente el 4.31% de la zona de alto riesgo de dicho escenario, relacionada con selva tropical caducifolia presente al suroeste del proyecto. Como se describe en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) asociada a este Estudio de Riesgo, se contarán con medidas de mitigación (por ejemplo, repoblación mediante un plan de restauración de vegetación, cumplimiento con requerimientos adicionales contenidos en la resolución del ETJ, entre otras). De la misma manera se podría afectar un área de hasta $12,355 \text{ m}^2$ de la propiedad colindante al norte, la cual cuenta con un patio de maniobras de ferrocarril y dos naves industriales con techo de lámina y paredes de concreto, los cuales resisten hasta 40 y 60 kW/m^2 , respectivamente (ver Tabla 9.47).

Adicionalmente, en dichas áreas no se considera la generación de efectos a la población ya que las áreas de riesgo de los eventos no llegarán a las vías de comunicación públicas, como es el caso del camino de acceso al puerto industrial de Altamira, el cual se localiza al oeste del polígono del proyecto. La casa del poblado más próximo al sitio de estudio (Lomas del Real) se localiza a

aproximadamente a 4.9 km del límite de radio de afectación del evento, en dirección norte

Las salvaguardas asociadas incluyen tanto la indicadas en las hojas de trabajo de la sesión de identificación de peligros (Anexo 9.5), como programas de operación, mantenimiento y emergencia que se desarrollarán e incluirán al menos las especificaciones incluidas en el apartado *Señalamiento de las medidas de seguridad y preventivas en materia ambiental*.

9.7.2 ***Resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental.***

Con base en los resultados de las modelaciones, podrían presentarse efectos por quemaduras de segundo grado en personal que pudiera estar dentro de la zona de alto riesgo de los escenarios. Sin embargo, es importante mencionar que dos escenarios (6 y 12) podrían tener afectaciones a superficies de entre 400 y 4,200 m² correspondientes a vegetación conocida como selva tropical caducifolia, localizada al sur del polígono del proyecto. En caso de impactar este tipo de vegetación, el promovente contará con medidas de mitigación, como se describe en la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) asociada a este Estudio de Riesgo (por ejemplo, repoblación mediante un plan de restauración de vegetación, cumplimiento con requerimientos adicionales contenidos en la resolución del ETJ, entre otras).

Adicionalmente, de acuerdo a los resultados de la modelación de dichos eventos, se pudo concluir que el valor máximo de radiación térmica que podría presentarse está relacionado con un valor de 20 kW/m² en un radio de 64.5 m alrededor de la fuente. Dichos radios (con radiación térmica 20 kW/m²) quedan totalmente inmersos dentro de la propiedad, y la infraestructura presente en dichas áreas es constituida por metal y acero, los cuales resisten dichas temperaturas (ver Tabla 9.47). No se identificaron otros sitios de interés en dichos radios de riesgo. Únicamente se verían afectadas infraestructuras propias de la misma instalación como son oficinas y/o áreas de almacenamiento.

Tomando en cuenta que los casos presentados con propósitos de modelación son extremos y sin considerar salvaguardas, la probabilidad de ocurrencia es baja, dado que el promovente se compromete a contar con instalaciones, sistemas y procedimientos de operación, mantenimiento y emergencia que garanticen una operación segura y que minimicen los efectos en caso de presentarse algún tipo de desviación o falla.

Por lo anterior, podemos concluir que siempre y cuando, Valero cumpla con criterios de diseño presentados, instale todos los dispositivos de seguridad y se mantenga dentro del régimen de operaciones propuesto, no existirán interacciones altamente riesgosas y con una probabilidad alta que pudieran afectar el proyecto.

9.7.3

Informe técnico.**Sustancias involucradas.**

Tal y como se especifica en la sección 1.2, el promovente almacenará cinco tipos de sustancias químicas dentro del área del proyecto; gasolina regular, gasolina Premium, MTBE, etanol y diésel. La gasolina tiene una cantidad de reporte de 10,000 barriles y el diésel no se encuentra en el segundo listado de actividades altamente riesgosas. Sin embargo, de acuerdo a la hoja de seguridad del diésel proporcionada por Valero, el diésel contiene Octano (2%), Hexano (1%) y Heptano (1%); estas tres sustancias son inflamables y se encuentran dentro del segundo listado de actividades altamente riesgosas.

De acuerdo con lo anterior se tienen almacenadas en sitio 5 sustancias en cantidades superiores a la cantidad de reporte, sin embargo, 3 de ellas (octano, hexano y heptano) no se tienen almacenadas como sustancias puras, sino como sustancias componentes dentro del Diésel, por lo que las propiedades de las sustancias puras se ven afectadas; además, las cantidades totales de estas sustancias equivalen a no más del 4% que la cantidad total del diésel. Por lo anterior, se consideró como representativo realizar las simulaciones de riesgo la gasolina, considerando que las potenciales consecuencias de un escenario de octano, hexano o heptano quedarían contenidas en el de gasolina dada este hecho. Hojas de seguridad y características de composición de las sustancias peligrosas.

Tabla 9.64 **Sustancias involucradas.**

Nombre químico de la sustancia (IUPAC*)	No. CAS**	Densidad (g/cm³)	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (km)	Diámetro de la tubería (cm)	Presión de operación (kg/cm²)	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Gasolina	N/A	0.72-0.775	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA
Octano (como componente del diésel)	11-65-9	0.703	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA
Hexano (como componente del diésel)	110-54-3	0.655	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA
Heptano (como componente del diésel)	142-82-5	0.684	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA
Metil Terbutil Éter (MTBE)	1634-04-4	0.78-0.80	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA
Etanol	64-17-5	0.72-0.75	Almacenamiento			Ambiente	NA	NA

* De acuerdo con los lineamientos descritos por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, *International Union Pure Applied Chemistry*)

** De acuerdo con el *Chemical Abstract Service* (CAS)

Antecedentes de Accidentes e Incidentes.

Para mayor detalle acerca de antecedentes de accidentes e incidentes en el mundo, véase la sección 1.2. De acuerdo con la información públicamente disponible, se identificaron un total de cinco principales accidentes relacionados con terminales de almacenamiento de hidrocarburos en el mundo. Uno de los incidentes registrados fue debido a un terremoto acontecido en Japón en el año 1964, otro tuvo lugar en Italia en 1985 y se presentó a causa del sobrellenado de un tanque, así como el incidente que se suscitó en Reino Unido en el año 2005 en la Terminal de Buncefield y también esta fue la causa del incidente registrado en el año 2009 en la Terminal Caribbean Petroleum en Puerto Rico⁶ donde se derramó gasolina cuando un tanque de almacenamiento alcanzó su máxima capacidad. Por otro lado en Francia⁴ en el año de 1991 se presentó la explosión de una nube de vapor no confinada (UVCE) debido a la apertura de una válvula localizada en la base de un tanque que contenía 4,525 m³ de Gasolina sin Plomo grado Premium.

Adicionalmente, se encontraron cinco casos relevantes de accidentes en operaciones de almacenamiento de hidrocarburos en los Estados Unidos de América. El primero de ellos en la Compañía Química ARCO ocurrió en 1990 y fue causado por la presencia de oxígeno en exceso dentro del tanque de almacenamiento, después durante el año 2003 en la Compañía ConocoPhillips hubo una explosión mientras se realizaban las operaciones de llenado con Diésel debido a la presencia de una mezcla inflamable dentro del tanque. En la Terminal Silver Eagle ocurrieron dos acontecimientos a lo largo del 2009, el primero debido a la liberación de una nube de vapor inflamable desde un tanque de almacenamiento de nafta ligera y el segundo a causa de una fuerte onda expansiva. El accidente registrado más reciente es el ocurrido en la Terminal de Sunoco Logistics Partners en el 2016, el cual en la investigación preliminar indica que fue ocasionado por fallas en las conexiones de la red de tuberías.

De manera paralela se investigaron incidentes relacionados con el almacenamiento de hidrocarburos en México, encontrando un total de cuatro incidentes relevantes, de los cuales uno de ellos ocurrido en la Estación de bombeo de PEMEX de Mazumiapan en el estado de Veracruz en el año 2004 contaminó arroyos y la laguna Pajaritos, lo que provocó un fuerte impacto ambiental, ya que se requirió que organizaciones internacionales rescataran aves y reptiles cubiertos de petróleo. Otro incidente relevante fue el que se suscitó en la Terminal de Almacenamiento y Despacho de PEMEX en Guanajuato en el año 2017 en el cual hubo una explosión mientras se llevaban a cabo actividades de destape en la línea de combustóleo y tuvo 8 fatalidades.

Finalmente, los incidentes históricos disponibles relacionados con operaciones de Valero se muestran en la Tabla 9.65.

Tabla 9.65 *Antecedentes de accidentes e incidentes de Valero.*

Año	Ciudad o País	Instalación	Sustancia Involucrada	Evento	Causa	Nivel de Afectación (componentes ambientales afectados)
2007	EUA	Krotz Springs	MTBE	Derrame	Sobrellenado de auto-tanque	Sin afectación
2013	EUA	Port Arthur	ULSD	Derrame	Tuberías dañadas	Sin afectación
2014	EUA	Terminal Louisville	Diésel	Derrame	Falla del sello de bomba	Sin afectación
2014	Canadá	Terminal de Montreal Este	Gasolina	Derrame	Falla de brida	Sin afectación
2015	Aruba	Terminal de Eruba	Diésel	Derrame	Falla del operador	Sin afectación
2015	Canadá	Terminal de Montreal Este	Diésel	Derrame	Falla de válvula	Sin afectación
2015	EUA	Terminal de St. Charles	Gasolina	Derrame	Daños del techo del tanque por huracán	Sin afectación
2015	Canadá	Terminal de Maitland	Diésel	Derrame	Bridas sueltas en carro-tanque	Sin afectación
2016	EUA	Terminal de St. Charles	Gasolina	Derrame	Daños al techo del tanque de almacenamiento	Sin afectación
2016	Canadá	Terminal de Montreal Este	Diésel	Derrame	Falla en una sección de la tubería	Sin afectación
2017	EUA	Terminal Este Corpus Christi	Diésel	Derrame	Derrame de un auto-tanque de almacenamiento a vacío	Sin afectación
2017	EUA	Estación de producción Port Arthur	Diésel	Derrame	Válvula abierta después del mantenimiento	Sin afectación
2017	Canadá	Terminal de Montreal Este	Gasolina	Derrame	Bomba mal sellada	Sin afectación
2018	Canadá	Terminal de Montreal Este	Gasolina	Derrame	Falla de tubería durante descarga de buque-tanque	Sin afectación
2018	Reino Unido	Terminal de Kingsbury	Gasolina	Derrame	Falla de cuatro juntas y una válvula	Sin afectación
2018	Canadá	Terminal de Montreal Este	Diésel	Derrame	Sobrellenado de tanque de almacenamiento	Sin afectación

Identificación y jerarquización de riesgos ambientales.

Se realizó un taller de identificación de peligros y jerarquización de riesgos utilizando la metodología ¿Qué pasa si...? (What-if jerarquizado). Como

resultado del taller se identificaron, antes de considerar salvaguardas, indicaron cincuenta y dos (52) eventos categorizados con riesgo Nivel 2, cuarenta y siete (47) con Nivel 1, y treinta y uno (31) con Riesgo Aceptable.

Los 52 eventos categorizados con riesgo Nivel 2 consideran como receptores el personal o el medio ambiente, razón por la cual varios de ellos se repiten. Sin embargo, pueden reducirse a 26 eventos considerando ambos receptores para evitar repeticiones.

Posteriormente, estos 26 eventos fueron jerarquizados de acuerdo con su severidad, resultando en 18 eventos con severidad III. Finalmente, estos 18 eventos fueron agrupados en 12 diferentes escenarios, los cuales fueron sujetos a modelación, tal como se muestra en la Tabla 9.66.

Tabla 9.66 *Identificación y jerarquización de riesgos ambientales de los escenarios modelados.*

No. de escenario	Falla	Accidente hipotético				Metodología empleada para la identificación de riesgo	Componente ambiental afectado	
		Fuga	Derrame	Incendio	Explosión			Unidad o Equipo
1	Sobrellenado de carro-tanque de gasolina e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al carro-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).		X	X		Área de llenado de carro-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
2	Fuga e incendio al cargar carro-tanque de gasolina. El volumen derramado será igual al volumen total del carro-tanque (escenario catastrófico).		X	X		Área de llenado de carro-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Se podría afectar 1,900 m² de vegetación (selva tropical caducifolia) presente al sur del proyecto.
3	Sobrellenado de auto-tanque de gasolina e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al auto-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).		X	X		Área de llenado de auto-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales.
4	Fuga e incendio al cargar auto-tanque de gasolina. El volumen derramado será igual al volumen total del auto-tanque (escenario catastrófico).		X	X		Área de llenado de auto-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales.
5	Sobrellenado de tanque de almacenamiento de gasolina regular e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al tanque y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).		X	X		Granja de tanques de almacenamiento	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
6	Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de gasolina regular. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico).		X	X		Granja de tanques de almacenamiento	¿Qué pasa si? (What-if)	Se podría afectar 400 m² de vegetación (selva tropical caducifolia) presente al sur del proyecto y un área de

						aproximadamente 17,774 m ² de la propiedad al norte.
7	Sobrellenado de carro-tanque de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al carro-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).	X	X	Área de llenado de carro-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
8	Fuga e incendio al cargar carro-tanque de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del carro-tanque (escenario catastrófico).	X	X	Área de llenado de carro-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Se podría afectar 7,267 m ² de vegetación (selva tropical caducifolia) presente al sur del proyecto y un área de aproximadamente 1,050 m ² de la propiedad al sur.
9	Sobrellenado de auto-tanque de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al auto-tanque (considerando desacoplamiento total) y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).	X	X	Área de llenado de auto-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
10	Fuga e incendio al cargar auto-tanque de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del auto-tanque (escenario catastrófico).	X	X	Área de llenado de auto-tanques	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
11	Sobrellenado de tanque de almacenamiento de etanol e incendio. El volumen derramado será igual al flujo de alimentación al tanque y un tiempo de respuesta de 5 minutos (tiempo estimado por Valero para controlar la liberación).	X	X	Granja de tanques de almacenamiento	¿Qué pasa si? (What-if)	Sin afectación a componentes ambientales
12	Pérdida de contención catastrófica e incendio del tanque de almacenamiento de etanol. El volumen derramado será igual al volumen total del tanque (escenario catastrófico).	X	X	Granja de tanques de almacenamiento	¿Qué pasa si? (What-if)	Se podría afectar 4,150 m ² de vegetación (selva tropical caducifolia) presente al este del proyecto y un área de aproximadamente 18,510 m ² de la propiedad al sur.

Tabla 9.67 Estimación de consecuencias.

No. de escenario	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada Cantidad / Unidad (kg)	Estado Físico	Efectos Potenciales					Zona de Alto Riesgo*	
	Masiva	Continua			C	G	S	R	N	Distancia (m)	
1		X	8,385	Líquido					X	26.6	
2	X		96,940	Líquido			X			103.7	
3		X	8,385	Líquido					X	26.6	
4	X		18,500	Líquido					X	48.5	
5		X	196,100	Líquido					X	68.3	
6	X		17,649,000	Líquido			X			176.4	
7		X	8,975	Líquido					X	32.6	
8	X		103,752	Líquido			X			97.3	
9		X	8,975	Líquido					X	32.6	
10	X		19,800	Líquido					X	45.3	
11		X	209,800	Líquido					X	68.1	
12	X		18,889,200	Líquido			X			176.3	

* En todos los casos se utilizó el simulador TRACE V.9

Efectos potenciales:

C) Catastrófico: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con un nivel de peligro (por ejemplo, gases tóxicos o inflamables, radiación térmica o explosión causada por sobrepresión) que puede causar efectos ecológicos adversos irreversibles o grave desequilibrio al ecosistema. Un efecto ecológico adverso irreversible es aquel que no puede ser asimilado por los procesos naturales, o solo después de muy largo tiempo, causando pérdida o disminución de un componente ambiental sensible (por ejemplo, especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010, tipos de vegetación amenazada, entre otros).

G) Grave: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos adversos temporales. Un efecto ecológico adverso temporal es aquel que permanece un tiempo determinado, y disminuye la calidad o funcionalidad de un componente ambiental, siendo factible de atenuar con acciones de restauración o compensación.

S) Significativo: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos recuperables. Un efecto ecológico recuperable es aquel que puede eliminarse o remplazarse por la acción natural o humana, no afectando la dinámica natural del ecosistema o del componente ambiental.

R) Reparable: Este evento puede afectar áreas externas a los terrenos de la instalación con suficiente nivel de peligro para causar efectos ecológicos reversibles. Un efecto ecológico reversible es aquel que puede ser asimilado por los procesos naturales a corto plazo.

N) Ninguno: Este evento no alcanza áreas externas a los terrenos de la instalación.

Tabla 9.68 Criterios utilizados.

No. de Evento	Parámetro	Zona de Alto Riesgo	Zona de Amortiguamiento
1	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
2	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
3	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
4	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
5	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
6	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
7	Inflamabilidad	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²

<i>No. de Evento</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Zona de Alto Riesgo</i>	<i>Zona de Amortiguamiento</i>
	(Radiación Térmica)		
8	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
9	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
10	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
11	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
12	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	5.0 kW/m ²	1.4 kW/m ²
Fuente: Guía Modalidad "Análisis de Riesgos", 2018.			

9.7.4 *Instrumentos metodológicos y técnicos que sustentan la información.*

La información de apoyo a lo incluido en el presente documento se encuentra identificada como anexos a lo largo del documento.