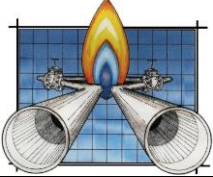
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 35

Índice

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO.....	2
I.1 BASES DE DISEÑO	2
I.1.1 Proyecto Civil.....	4
I.1.2. Proyecto Mecánico	6
I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio	11
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	12
I.2.1. Hojas de seguridad.....	18
I.2.2. Almacenamiento	18
I.2.3. Pruebas de Verificación	18
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN	18
I.3.1. Especificación del cuarto de control	20
I.3.2. Sistemas de aislamiento	20
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	22
1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.	22
I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización	24

Índice de Tablas

Tabla 1 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) utilizado.	27
Tabla 2 Nodos Seleccionados.....	29
Tabla 3 Consecuencias (en forma descriptiva).	29
Tabla 4 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	30
Tabla 5 Matriz de riesgos.	30
Tabla 6 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.	31
Tabla 7 Descripción de las fallas de mayor riesgo.	32
Tabla 8 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.	34
Tabla 9 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.	34
Tabla 10 Descripción de escenarios.....	35

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 35

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

Dado que la reforma energética en nuestro país permite la apertura de la comercialización de petrolíferos y dado que la Empresa Gas Natural del Noroeste S.A. de C.V., está decidida a incursionar para este ámbito industrial energético.

El objetivo del proyecto es desarrollar infraestructura de acuerdo a normas, códigos actuales y cumpliendo con la regulación vigente en materia energética.

Para el trasvase de petrolíferos (TT), se contará con un terreno de superficie de 12 124.51 m² (1.21 Ha). Dentro de los objetivos de la secretaria de energía vislumbran la necesidad de contar en el país con más autonomía en la infraestructura de distribución por lo que se proyecta el servicio de distribución de este producto importado.

El proceso consiste en recibir petrolíferos (Diésel & Gasolinas), por medio de vía ferrocarril.

En la terminal de trasvase los clientes enviarán sus Autotanques a cargar dichos productos.

Ver arreglo general del proyecto en **Anexo 1**. Planos del Proyecto.

I.1 BASES DE DISEÑO

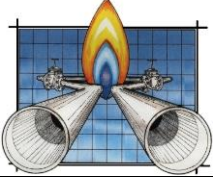
Las normas aplicadas para la terminal de trasvase, incluye un compendio de normas nacionales como internacionales. El diseño, fabricación, pruebas e instalación, selección, así como el funcionamiento de los de Equipos, deberán cumplir o exceder las recomendaciones y/o exigencias de la edición más reciente de las siguientes normas, códigos y estándares.

Requerimientos Normativos Externos.

- ASME B31.3 Process Piping.
- ASME B31.4 Pipeline transportation systems for liquids hydrocarbons and other liquids.

Normas Oficiales Mexicanas (NOMs):

- NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización).
- NOM-002-STPS-2000 Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-006-STPS-2014 Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-016-CRE-2016 Especificaciones de calidad de petrolíferos.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 35

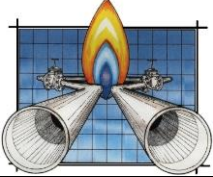
- NOM-018-STPS-2015 Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo
- NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de seguridad e higiene e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
- NOM-027-STPS-2000 Actividades de soldadura y corte-Condiciones de seguridad e higiene.
- NOM-028-STPS-2004 Organización del trabajo-seguridad en los procesos de sustancias químicas.
- NOM-093-SCFI-1994 Válvulas de relevo de presión (Seguridad, seguridad-alivio y alivio) operadas por resorte y piloto; fabricadas de acero y bronce.
- DACGS CRE Disposiciones administrativas de carácter general en materia de medición aplicables a la actividad de almacenamiento de petróleo, petrolíferos y petroquímicos.

American Petroleum Institute (API)

- API-421 Design and operation of oil-water separators.
- API-600 Cast Steel Valves.
- API-682 Pumps – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps.
- API-2610 Design, Construction, Operation, Maintenance and inspection of terminal & Tank facilities.

National Fire Protection Association (NFPA)

- NFPA 10 Portable Fire Extinguishers.
- NFPA 11 Standard for Low, Medium and High Expansion Foam.
- NFPA 15 Standard for water spray fixed systems for Fire Protection.
- NFPA 20 Installation for Stationary Pumps for Fire.
- NFPA 22 Standard for Water Tanks for private Fire Protection.
- NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code.
- NFPA 70 National electrical code", 2008 ed.
- NFPA 704 TERMINAL Normativo para la identificación de los peligros de Materiales para respuestas de Emergencias.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 35

Normas Internacionales de referencia.

- ASTM American Society For Testing and Materials.
- API American Petroleum Institute.
- ASCE American Society of Civil Engineers.
- AISC American Institute of Steel Construction.
- AWS American Welding Society.

I.1.1 Proyecto Civil

Estudio topográfico

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., realizará los estudios topográficos para determinar los niveles existentes en las áreas del proyecto.

Mecánica de suelos

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., realizó un estudio de mecánica de suelos, para conocer la naturaleza del subsuelo, con el fin de estimar las características de las cimentaciones de las distintas instalaciones de las áreas, y que éste indique el tipo de material a utilizar para el mejoramiento de las áreas a construir.

Mejoramiento del terreno

Se realizará con el material indicado por el estudio de mecánica de suelos correspondiente, y se abastecerá con material de bancos de materiales autorizados de la zona.

Excavaciones

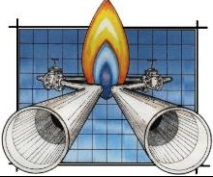
Se realizarán con equipo mecánico, fijando previamente la holguera necesaria, las tolerancias y la inclinación de los taludes (si fuese necesario), y depositando el material producto de las excavaciones en un lugar adyacente, pero sin que llegue a estorbar ni a afectar a la vegetación natural fuera del área del predio de proyecto.

Los niveles de excavación serán de acuerdo a las indicaciones del proyecto, basados en el Estudio de Mecánica de suelos realizado.

Los rellenos de la excavación se efectuarán en capas y con el material indicado en el proyecto.

Las actividades de esta etapa consistirán en: excavar las áreas necesarias para nivelación, colocar plantillas de arena, llevar a cabo rellenos y acarreos.

Además, se realizará la obra civil, mecánica y eléctrica de las instalaciones para las áreas de servicios, que son: construir la barda perimetral, preparar terracerías, postería, alumbrado y accesos controlados (caseta de vigilancia).

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 35

Colocación de acero de refuerzo

El habilitado y colocación de acero de refuerzo en banquetas, guarniciones, etc., será de acuerdo al número de varillas, diámetros de éstas y resistencia, indicados en el proyecto.

Elaboración y vaciado de concreto

La elaboración y vaciado de concreto en banquetas, guarniciones, etc., se realizará de acuerdo a la resistencia indicada en el proyecto.

Banquetas y guarniciones de concreto

La localización y el trazo de los ejes de las banquetas deberán basarse en las mojoneras de referencia localizadas en la obra, de acuerdo a los planos de proyecto.

La nivelación de la base de las guarniciones y de las banquetas se obtendrá mediante las excavaciones y los rellenos necesarios, según la topografía del terreno tras el relleno y nivelación del mismo, de acuerdo al proyecto.

Las excavaciones se efectuarán hasta el nivel de desplante de las guarniciones o banquetas, en caso de encontrarse material no apto para la base, se procederá a eliminarlo y sustituirlo por material adecuado.

En caso de relleno, se compactará en capas no mayores de 20 cm de espesor.

El acero de refuerzo, número de varillas, diámetro y resistencia, será de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

La cimbra podrá ser de madera o metálica, sin deformaciones ni deficiencias que afecte las dimensiones, el alineamiento o la homogeneidad del colado.

Las juntas de expansión y contracción en las losas de banquetas irán a cada 3 m de distancia entre sí, con un ancho de 13 mm. La parte superior de la junta llevará un sellador elástico.

Las juntas entre las guarniciones y las losas de las banquetas serán de 3 a 6 mm de ancho y se rellenarán y sellarán de igual forma que las juntas de expansión de las losas.

Pisos de concreto hidráulico para tránsito pesado

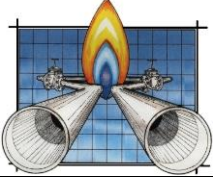
Se instalarán en calles de rodamiento o auto tanques, así como en el área de llenado de autotanques, la resistencia del concreto y la colocación de acero de refuerzo, que estarán determinadas por las especificaciones del proyecto.

Pisos de concreto asfáltico

Se instalarán en calles interiores para la circulación de Autotanques y en el estacionamiento, sus dimensiones serán de acuerdo a proyecto.

Cerca, entrada y caseta de seguridad

El cercado de seguridad marcará un límite visible alrededor de la propiedad. Las cercas estarán construidas de mampostería con columnas de concreto intermedias. El propósito de las mismas es

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		FECHA	Mayo del 2018
			HOJA:	Pág. 6 de 35

desalentar a personas no autorizadas de entrar al predio. Dos entradas de peatones y para vehículos serán acondicionadas en la entrada principal existente de la instalación. La caseta de seguridad existente será modernizada para permitir a los guardias de seguridad revisar vehículos, la carga y personas a bordo, así como a los peatones que vayan a ingresar.

Por último, se instalarán las áreas verdes, conforme al proyecto de áreas verdes que se desarrolle al final del proyecto, considerando especies nativas de la zona, y respetando todas las que se puedan que ya se encuentran en lo que serán los espacios destinados a estas áreas verdes.

Limpieza y arranque

Una vez concluida la etapa de construcción, la superficie del predio será limpiada para dejarla libre de escombros y permitir la instalación de las especies vegetales en las áreas verdes contempladas. Se tomarán medidas para minimizar la erosión de la superficie perimetral, restaurar el contorno natural lo mejor posible y permitir el drenaje natural de la superficie. En áreas donde se afecte pavimentación se restaurará la carpeta asfáltica en caso de existir ésta y se cuidará dejar todas las condiciones lo más natural posible.

Sistema para Trasvase de combustible.

El sistema para descarga de Carro tanques y carga de Autotanques, es un equipo paquete denominado transloader, el cual será adquirido por GNN y arribará a la instalación una vez terminada la etapa de construcción. Para su operación no se requiere de ningún tipo de infraestructura auxiliar, ya que el sistema es totalmente autónomo y solo requiere de la supervisión de dos personas.

I.1.2. Proyecto Mecánico

A) SISTEMA DE MONITOREO OPERATIVO

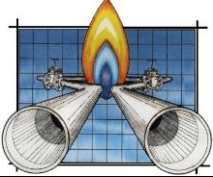
La operación de la terminal de trasvase será monitoreada a través del PLC y la UCL de manera local en el patín de llenado del transloader de Autotanques.

La terminal de trasvase tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salidas de producto de planta y el inventario de productos.

Este sistema de administración operativa de la planta también tendrá comunicación con sus clientes, permitiéndoles llevar el control de disposición de su producto, así como sus inventarios. Administrando el acceso y llenado de sus Autotanques y personal, en planta.

B) SISTEMAS DE SEGURIDAD FÍSICA

Para la seguridad física de la terminal se construirá una barda perimetral alrededor de la planta, la cual tendrá una altura de cuando menos 3 metros con concertina en su parte superior.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 7 de 35

De igual manera en su puerta de acceso principal se construirá una exclusiva para tener doble control en el acceso a la terminal, en este acceso se tendrá personal de seguridad privada para el control del mismo.

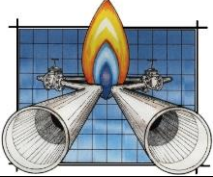
De igual manera se contará con los servicios de personal profesional para protección y resguardo de las instalaciones.

Adicionalmente se contará con un sistema de circuito cerrado de televisión, integrado por cámaras distribuidas estratégicamente en toda la planta.

C) OPERACIÓN DEL SISTEMA PAQUETE TRANSLOADER

El paquete Transloader se considerará portátil, situado en un remolque con protecciones para golpes vehiculares. El propósito del paquete es transferir productos refinados de baja presión de vapor entre un vagón y un camión (dependiendo de la tubería interna de la planta). El producto se puede transferir a una velocidad de 490 gpm (0.03 m³/s). Las tuberías y el equipo asociado están diseñados para funcionar por debajo de ANSI (150 #) con una máxima presión de operación (MOP) de 150 PSI (10.55 kg/cm²) y entre 40F y 275F (4.4°C y 135°C). La transferencia se realizará a través de una bomba de desplazamiento positivo (DP) entre el vagón y el camión. El diferencial del producto se generará a partir de una bomba de DP con muy baja NPSH (Carga neta positiva en la aspiración). La succión de la bomba tomará los líquidos del vagón y creará una presión diferencial con el camión cisterna.

Este paquete también puede descargar un camión a un vagón en la secuencia exacta anterior. El Transloader LVP está equipado con un sistema de seguridad que se controla a través de un PLC y HMI. Los operadores tienen control con indicación de las condiciones de funcionamiento desde una pantalla HMI LCD de 8". La operación tendrá capacidad de paro por emergencia (ESD) con tres botones de ubicación fija y dos mandos a distancia de mano. El paquete está equipado con un sistema de puesta a tierra de raíles, camiones y transloader.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 35

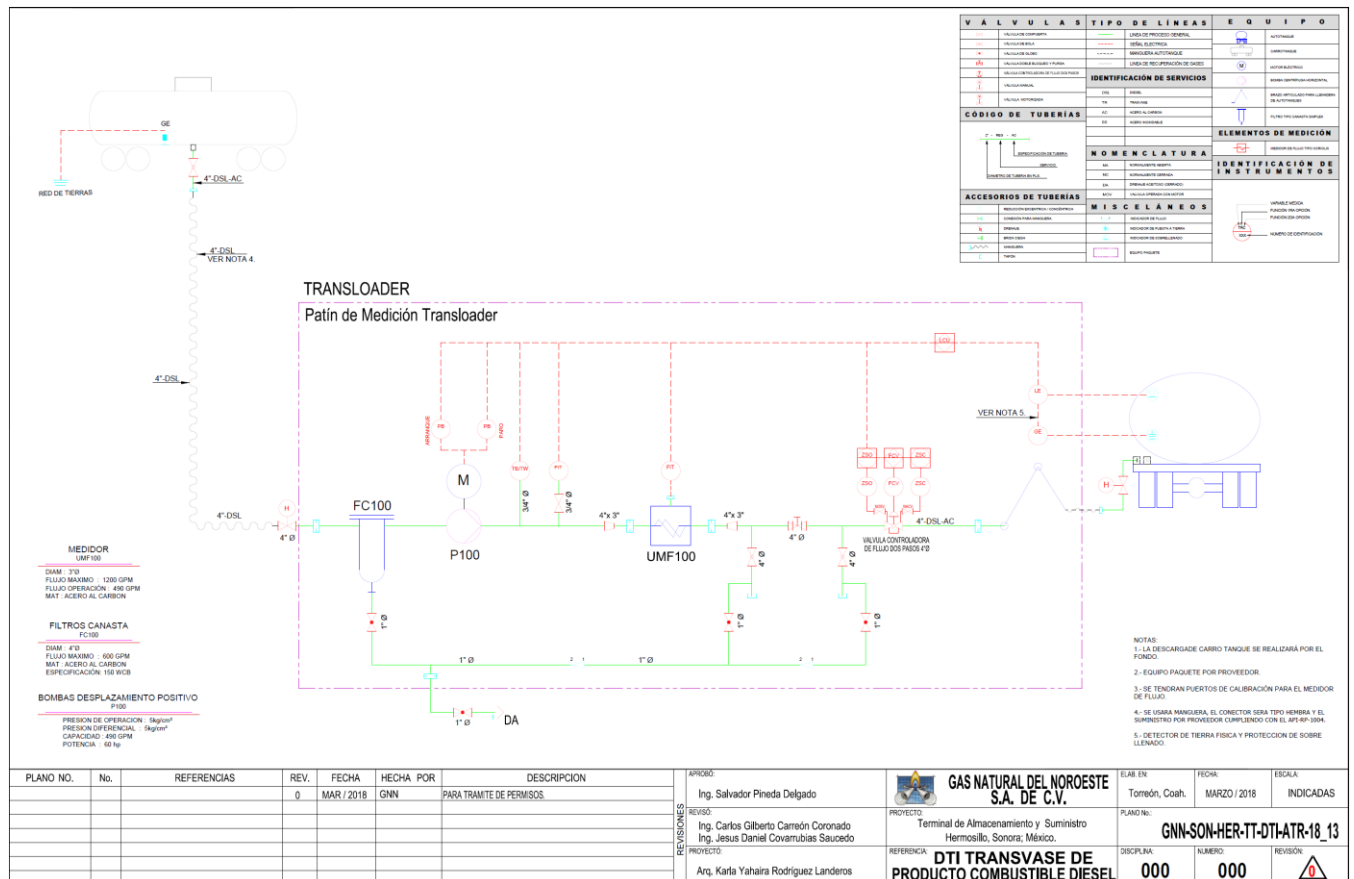
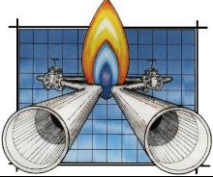


Figura I. 1 DTI de la operación del transloader para descarga de Diesel.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 10 de 35

Sistema de paro por Emergencia

Es requerido en el área de transferencia de producto, al activarse, se deberá detener todo el flujo y a su vez se activará una indicación visual y audible.

Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En la línea de descarga de la bomba al llenado, se contará con interruptor de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm² (Aproximadamente), actuando sobre el arrancador de la bomba al llenado para suspender el bombeo en caso que se presentase esta condición.

El equipo de bombeo estará protegido de presiones bajas en la succión con un interruptor de presión el cual enviará una señal para parar el equipo o no le permitirá arrancar si el cabezal de succión del equipo no tiene la suficiente presión de succión requerida por el sistema.

Así mismo sistema alivio el cual tiene una recirculación interna de la bomba aliviando la presión de descarga hacia la succión de la bomba.

E) CONTROL DE INVENTARIOS.

Para el control de inventarios, se contará con un sistema de administración operativa de la terminal, el cual interactuará con el sistema de medición y control operativo del transloader, obteniendo a través de ellos la información necesaria para determinar la conciliación entre las entradas, salidas, e inventarios.

El monitoreo operativo de la Terminal también se ejecutará a través de este sistema, desplegando gráficos y transmitiendo la información en tiempo real en la estación de trabajo que estará instalada en un cuarto de control y otra en campo.

Para el control de inventarios de la terminal se tiene en el transloader patine de medición, mediante el cual se totalizará el volumen del combustible descargado por carro-tanques hacia a Autotanques.

Cabe señalar que el medidor considerado será medidor coriolis para el transloader.

Se contempla que la calibración de la unidad de medición de transferencia, sean calibrado a través por un sistema móvil donde se evaluará en ingeniería básica o de detalle.

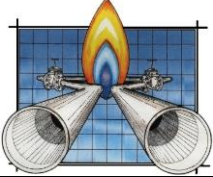
De igual manera el producto que se despache por auto-tanques será medido por el sistema de medición que estará en el transloader.

De todo lo anterior, diariamente se hará un balance entre todas las entradas, salidas de terminal y la diferencia de lo despachado en Autotanques en 24 Horas.

F) SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.

Los sistemas de Telecomunicaciones considerados en el proyecto son:

1. Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV)
2. Sistema de control de acceso

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 11 de 35

3. Sistema de detección de intrusión

G) SISTEMAS AUXILIARES EN LA TERMINAL

1. Sistema de agua potable.

Un sistema de abastecimiento de agua tiene como finalidad entregar agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer las necesidades, dicho sistema contará con un Tanque y un sistema hidroneumático (equipo paquete).

2. Laboratorio.

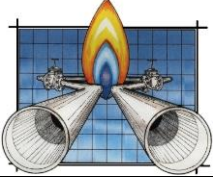
Lugar designado para el análisis de muestreo de los Carrotanques, destinado a diferentes análisis para su aprobación de descarga o envío, en cuanto a la liberación de estos productos.

I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio

El sistema contraincendios estará integrado con equipos móviles necesarios para cualquier contingencia o combate mayor dentro del área de trasvase de Carrotanques - autotanque.

Monitor-Móvil

De manera alterna alrededor del área se dispondrá de monitores móviles los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del mismo. Estos sistemas serán contruidos de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 11. En toda el área de trasvase, se consideran bidón o bidones para cada monitor que contendrá espuma AFFF al 3%, estos tomarán agua de la propia red C.I. para formar dicha espuma.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 12 de 35

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

Las principales áreas que integrarán el proyecto se describen a continuación:

A) SISTEMA DE VÍAS.

Sistemas de vías de acceso a planta.

Mediante este sistema de vías existentes al interior de la estación, para ello, en coordinación con estas empresas se construirá bajo la normatividad regulatoria aplicable, los switches e implementos necesarios que permitan derivar los trenes unitarios para su trasvase de petrolíferos.

Se hace notar que el personal que participará en esta integración, será personal certificado y avalado por las empresas correspondientes; siendo supervisado dichos trabajos, también por ellos.

Una vez ya en operación, el tren unitario será operado por personal de la empresa que le corresponda y en el interior de la planta por personal de la estación, certificado y avalado, los cuales seguirán los procedimientos operativos internacionales para estos equipos.

Sistemas de vías internas.

Este sistema de vías se integró de tal manera que permita aprovechar al máximo la configuración del terreno, para ejecutar en tiempo y forma el proceso de trasvase de petrolíferos de los Carrotanques hacia los Autotanques, el sistema de vías tendrá peines con la capacidad total de albergar 5 Carrotanques.

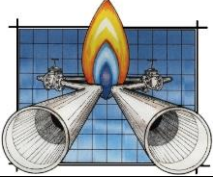
Esta configuración también permitirá acceder a un sistema de vías alterno en el cual se podrá albergar Carrotanques fuera de especificación (bad order).

B) SISTEMA DE TRASVASE.

El sistema de trasvase (Transloader) está conformado por lo siguiente:

- Manguera de descarga.
- Filtro canasta.
- Bomba de descarga.
- Patín de medición.
- Unidad de control local para llenado.
- Brazo de carga articulado.
- Generador de energía eléctrica.
- Instrumentación.
- Sistema de válvulas.

Cabe señalar que se contarán con dos (2) unidades, para Diésel & Gasolinas respectivamente.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 13 de 35

Sistema de descarga de Carrotanques.

Se destinará un área de descarga la cual servirá para conectar 1 Carrotanque a la vez, con capacidad de 700 barriles; se contará con un transloader para diésel que mediante el uso de manguera y aditamento especial se interconectará al Carrotanque y se verificará su interconexión al sistema de tierra física, permitiendo una descarga segura.

Se contará con la instrumentación necesaria para una descarga segura tales como: interruptores de paro por baja presión de succión y por alta presión de descarga, tierras físicas.

El área de descarga de vías contará con fosas de recuperación de producto para minimizar al máximo el impacto ambiental.

Tubería de descarga.

La descarga de Carrotanque se encuentra conectado mediante manguera del mismo diámetro (4") a la succión de la bomba de descarga.

Antes de la bomba se tiene un filtro separador para eliminar las impurezas del producto a descargar.

Bomba de descarga.

El bombeo que se utilizará para la descarga del Carrotanque será de 1 bomba, para la descarga de Diésel y otra para Gasolinas, se estima de 490 gpm y 60 HP aproximadamente.

Se hace notar que la bomba cuenta con una válvula de alivio integrada a su cuerpo, en la parte de la descarga, la cual en caso de represionamiento va a recircular al lado de la succión.

La operación de este equipo será de manera manual con un arrancador suave el cual se encuentra vinculado a un PLC integrado en el "skid" esto permitirá que su operación sea controlada, permitiendo que el proceso de descarga sea seguro, iniciando en cada ciclo de descarga a un ritmo de bombeo bajo, tal como lo indica el procedimiento operativo de descarga.

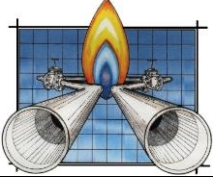
La bomba descarga a través de tubería de 4" de diámetro para así llegar al Sistema de medición integral de descarga y posteriormente a los Autotanques.

Patín de medición.

El patín de medición, integrará el volumen total que se descarga del Carrotanque y que se entrega al autotanque (Sistema de medición de transferencia de custodia).

El patín de medición está integrado por filtro tipo canasta, medidor de flujo coriolis, transmisor de presión, transmisor de temperatura para el cálculo del volumen a entregar, así como con una válvula automática de flujo de dos pasos para la abertura y cierre para el control del inicio y termino de este proceso de llenado.

El sistema de medición deberá cumplir con la regulación mexicana en materia de energía (Disposiciones Administrativas de carácter general de Medición para Almacenamiento de productos petrolíferos).

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 14 de 35

Llenado de Autotanques.

El proceso de llenado de Autotanques será controlado en su totalidad por la unidad de control local (UCL), la cual en su lógica del proceso controlará la bomba, la medición del patín y el ritmo de flujo de llenado del autotanque en todo su proceso al cual se verá reflejado en el panel de control de proceso.

Para el caso de los Aditivos se contempla la aditivación al diésel de acuerdo a las especificaciones por los clientes.

El transloader será capaz de llenar Autotanques de 20 000 litros o de 30 000 litros y se contará con el espacio para albergar un autotanque.

Por lo anterior, cada transloader despachará un volumen de 3 018 barriles/turno de 8 horas, teniendo capacidad de carga diaria de 9 054 barriles.

El sistema de llenado de los Autotanques será por el fondo mediante el brazo de carga articulado sencillo, contando con protecciones de tierra segura y sobre nivel.

Cabe mencionar, para el caso las Gasolinas se tendrá un sistema de recuperación de vapores.

C) SISTEMA ELÉCTRICO

Descripción general del sistema eléctrico.

El propósito del diseño eléctrico pretende el desarrollo de la ingeniería de detalle requerida para la instalación de servicios de alumbrado, contactos, sistemas de puesta a tierra, sistemas de iluminación y áreas clasificadas.

Criterios de diseño

El diseño, instalación, equipo y materiales, se harán de acuerdo a los requerimientos de las últimas ediciones de los siguientes códigos, estándares y normas.

Generador eléctrico

Se deben incluir generador de emergencia en 480 Volts para respaldar algunos servicios, los cuales son primordiales para la operación de la terminal de trasvase.

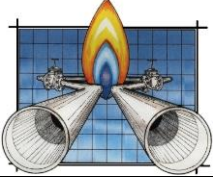
Canalizaciones.

La canalización para la acometida será a base de tubo PAD de 3" de diámetro el cual comunicará los registros de la subestación con el registro de bajada de postes en la línea de media tensión.

La canalización para el alimentador general en baja tensión será a base de tubo conduit de PVC PESADO, el cual será encofrado con concreto.

Cables eléctricos.

Para el diseño de los métodos de cableado, se seguirán los lineamientos del capítulo 3 artículos 300 al 398 del código NOM-001-SEDE-2012. Para la conexión de los alimentadores de media tensión y baja

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 15 de 35

tensión se utilizará charolas porta-cables siguiendo los lineamientos del código NOM-001-SEDE-2012 en su artículo 392, estas, deberán ser utilizadas en todo el recorrido.

Las charolas porta cables deberán contener la pintura para tal fin o deberán ser especificadas en fibra de vidrio. Donde no sea posible la instalación de Charolas porta-cables por el acceso de equipos, cruces de vía o pasos donde se afecte el mantenimiento de la planta, será necesario realizar una canalización siguiendo las indicaciones del código NOM-001-SEDE-2012 en su artículo 390, donde se deberán instalar cajas del tipo invertidas sobre nivel de piso, ya sean estas del tipo metálico o tipo en concreto.

Red de tierras

A fin de evitar riesgos por la electricidad estática generada y acumulada, se debe diseñar un sistema de red de tierras que permita la conexión a tierra de los equipos e instalaciones, áreas de Entrega, bomba, Autotanque y Carro tanque.

Consideraciones generales de la Red de tierras

Para cada área que conforma el sistema de proceso y operación de la planta se construirá un anillo con conductor cal. 4/0 awg para garantizar la conductividad eléctrica y la resistencia mecánica del sistema.

Todos y cada uno de los anillos se unirán en su parte más cercana con el anillo adjunto y así sucesivamente para dar cumplimiento a la NOM, artículo 250.

La subestación cuenta con su malla propia y calculada de acuerdo a la NRF-011 DE CFE Aplicable para dicha área.

Para los demás sistemas como son sistemas de control, alumbrado, contactos, etc se les instalara un conductor de puesta a tierra junto con cada uno de sus circuitos y derivados de los tableros correspondientes.

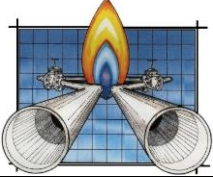
Sistema de Pararrayos.

Para dar protección en la zona de Entrega y otras instalaciones que se localicen en sitios expuestos a descargas eléctricas atmosféricas (de acuerdo a estudio), se debe contar con un diseño que evidencie con lo establecido en las Normas, Códigos y Estándares aplicables.

D) SISTEMA DE DRENAJES PLUVIAL Y ACEITOSO

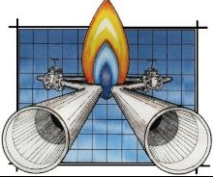
El Diseño de los drenajes, debe considerar la captación de aguas en patios de maniobra, calles, área adyacente Recepción-Entrega, tomando en cuenta lo siguiente:

1. Especificaciones propias del proyecto.
2. La profundidad del manto freático.
3. El tipo de suelo.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 16 de 35

4. Capacidad de los sistemas de drenajes y la velocidad de flujo mínima y máxima permisible para evitar inundaciones.
5. La resistencia de los materiales de construcción de los sistemas de drenajes, conforme al servicio.
6. La profundidad a la plantilla hidráulica aguas abajo del tramo en cuestión;
7. El diámetro, material y tipo de la tubería.
8. Juntas entre tubos y accesorios.
9. Tener suficiente capacidad para transportar la captación de agua esperada de los sistemas contra incendio.
10. Prevenga la propagación de un incendio a través de sellos hidráulicos;
11. Contar con registros de captación.
12. La identificación física de los tres tipos de drenajes en los registros debe realizarse conforme al siguiente código de letras y colores: aceitoso A café seguridad (4265 C), pluvial P azul seguridad (300 C) y sanitario S negro (Black C).
13. En los registros se debe indicar el sentido de flujo de las corrientes mediante flechas.
14. Su Diseño, debe permitir la limpieza de los depósitos y sedimentos.
15. Los conductos, tuberías, conexiones y accesorios deben ser herméticos para evitar que los suelos se contaminen por filtraciones o fugas; que resistan el efecto corrosivo de los gases emanados por las aguas residuales y que las aguas sean conducidas de tal manera que no contaminen el manto freático y los lugares por donde atraviesan otras tuberías.
16. Procedimientos y recomendaciones de instalación del fabricante del componente.
17. Ventilación adecuada para evitar la acumulación de vapores explosivos y corrosivos.
18. El diámetro del drenaje debe calcularse para una velocidad de 0.60 m³/s como mínimo y una máxima de 5 m³/s; La profundidad del flujo de diseño de la tubería no debe exceder 2/3 del diámetro del tubo. Localizar pozos de inspección, a intervalos de espacio que faciliten el mantenimiento, la inspección y la limpieza.
19. Cuando los contenedores individuales exceden los 38 litros (10.04 galones), se debe proveer, sardineles, cárcamos y otros medios adecuados para evitar el flujo de líquidos en emergencias hacia áreas de edificios adyacentes.
20. A menos que se tomen otras provisiones en el plan de prevención de derrames del sitio, los drenajes, se conectarán al sistema de drenaje aceitoso y deben operarse mediante válvulas de bloqueo que se ubiquen en la parte externa del área con diques.

La zona Entrega-Recepción de Petrolíferos deben contar con drenajes independientes: pluvial y aceitoso.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 17 de 35

Drenaje pluvial.

El drenaje pluvial debe tener la capacidad de conducir las aguas recuperadas a un separador de aceite, a un sistema de tratamiento o bien conducirlos a un punto de descarga autorizado (drenaje municipal, pozo de absorción, entre otros).

Debe ser controlado para evitar la libre entrada a los cuerpos naturales de agua, alcantarillas o drenajes públicos.

La capacidad del drenaje pluvial se debe calcular en función del mayor volumen que resulte de la cantidad de agua colectada de áreas clasificadas como pluviales o de áreas libres de contaminación con Petrolíferos, durante la máxima precipitación pluvial anual registrada en la zona por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, sobre la base de los datos estadísticos meteorológicos de históricos máximos registrados en los últimos 10 años y en la intensidad de una tormenta durante 24 h con consideración a los volúmenes del agua contra incendio.

Drenaje aceitoso.

El drenaje aceitoso debe conducir el Hidrocarburo o agua aceitosa captada a un separador de aceite.

El sistema de drenaje aceitoso debe diseñarse para evitar que el Hidrocarburo proveniente de derrames accidentales y lavado de áreas penetre a los cuerpos de agua natural y/o al suelo, subsuelo y manto acuífero.

Drenaje en zona de trasvase de Carrotanques

En el área de Carrotanques se debe contar con dos drenajes: un drenaje pluvial que capte la precipitación pluvial dentro de la zona de descarga de Carrotanques y un drenaje aceitoso que capte y dirija el agua de desalojo hacia la fosa API y posteriormente a separador de aceites.

La superficie o piso debajo de vías/rieles de Carrotanques será impermeable de concreto, se tendrá por medio de un sardinel o dique de contención cuya superficie tenga una pendiente que dirija cualquier escurrimiento de Petrolíferos a drenajes aceitoso y pluvial con capacidad suficiente para contener y drenar, además del posible Petrolífero derramado, el volumen de agua aplicado en una situación de emergencia por fuego.

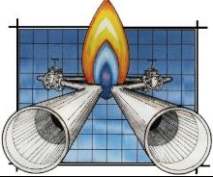
La ruta de drenaje debe tener una pendiente no menor al 1%, alejándose del tanque cuando menos 15 m (49.21 pies) hacia el área de desalojo. El área de desalojo debe tener una capacidad no menor a la del tanque mayor que pueda drenar en ella.

La pendiente de las paredes de los diques de tierra debe ser consistente con el ángulo de reposo del material.

El piso del patio de Carrotanques será impermeable.

Deben minimizar las pasadas a través de las paredes del dique para evitar puntos de fuga. El área alrededor de los agujeros debe ser sellada con un material impermeable resistente al fuego.

Buscar materiales de recubrimiento alternativos que cumplan los requisitos técnicos y, a su vez, sean económicamente eficientes.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 18 de 35

Para el área de trasvase deben contar con registros para drenajes aceitosos (provistos de sellos hidráulicos) que capten posibles derrames de Hidrocarburos mediante pendientes diseñadas para este fin.

Para mayor detalle ver **Anexo 2.** MTD del Proyecto.

I.2.1. Hojas de seguridad

Las sustancias principales que serán manejadas en la operación de la terminal de trasvase son el Diesel y Gasolinas, de las cuales solo ésta última se encuentra en los listados de actividades altamente riesgosas.

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

I.2.2. Almacenamiento

Dado que el trasvase de combustibles será directamente de Carrotanque a Autotanque a través de la operación de los Transloader, no se contempla la instalación de tanques de almacenamiento.

I.2.3. Pruebas de Verificación

Los transloader son equipos paquete que serán adquiridos en el Estado de Texas, USA, y son fabricados por empresas líder en el ramo de hidrocarburos, constatándose que éstos son verificados y probados por ingenieros especializados en el ramo previa entrega al comprador, por lo que previa entrada en operación no requiere de pruebas de verificación, únicamente se contará con personal que estará supervisando la correcta operación en todo momento, durante la vida útil del proyecto.

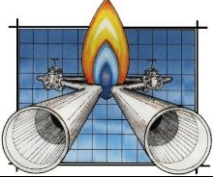
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Para el trasvase de petrolíferos (TDP), se contará con un terreno de superficie de 12 124.51 m² para recibir los mismos por medio de vía de ferrocarril y posteriormente realizar la carga a los autotanques.

El combustible llegará al predio mediante Carrotanques por la línea de ferrocarril actualmente existente a un costado del predio. Las capacidades de descarga y carga de Diesel y Gasolinas se indican a continuación:

Descarga de Carrotanque para envío a llenado de Autotanque (DIESEL):

Capacidad diaria de Carrotanques:	7 000 Barriles/día
Turnos por día:	3
Duración del turno:	8 horas
Capacidad de suministro por turno:	2 333 Barriles
Capacidad de Carrotanques:	700

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 19 de 35

Número de Carrotanques por día:	7
Número de Carrotanques por turno:	3.3
Número de Carrotanques por hora:	0.42
Número de bombas para trasvase:	1
Capacidad de bomba:	490 GPM

Llenado de Autotanques (DIESEL):

Capacidad de Autotanque:	188.67 Barriles
Número de Autotanques por día:	37.10
Número de Autotanques por turno:	12.37
Número de Autotanques por hora:	1.55

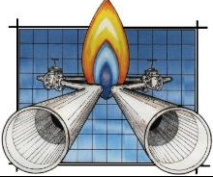
Descarga de Carrotanque para envío a llenado de Autotanque (GASOLINAS):

Capacidad diaria de Carrotanques:	7 000 Barriles/día
Turnos por día:	3
Duración del turno:	8 horas
Capacidad de suministro por turno:	2 333 Barriles
Capacidad de Carrotanques:	700
Número de Carrotanques por día:	7
Número de Carrotanques por turno:	3.3
Número de Carrotanques por hora:	0.42
Número de bombas para trasvase:	1
Capacidad de bomba:	490 GPM

Llenado de Autotanques (GASOLINAS):

Capacidad de Autotanque:	188.67 Barriles
Número de Autotanques por día:	37.10
Número de Autotanques por turno:	12.37
Número de Autotanques por hora:	1.55

Para mayor detalle, Ver Diagramas de Flujo en **Anexo 5**.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		FECHA	Mayo del 2018
			HOJA:	Pág. 20 de 35

I.3.1. Especificación del cuarto de control

La terminal de trasvase contará con un Cuarto de Control, dedicado para la instalación de componentes electrónicos dedicado al sistema de operación, control y seguridad del trasvase de combustibles.

SISTEMA DE MONITOREO OPERATIVO

La operación de la terminal de trasvase será monitoreada a través del PLC y la UCL de manera local en el patín de llenado del transloader de Autotanques.

La terminal de trasvase tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salidas de producto de planta y el inventario de productos.

Este sistema de administración operativa de la planta también tendrá comunicación con sus clientes, permitiéndoles llevar el control de disposición de su producto, así como sus inventarios. Administrando el acceso y llenado de sus Autotanques y personal, en planta.

I.3.2. Sistemas de aislamiento

A) SISTEMAS DE SEGURIDAD FÍSICA

Para la seguridad física de la terminal se construirá una barda perimetral alrededor de la planta, la cual tendrá una altura de cuando menos 3 metros con concertina en su parte superior.

De igual manera en su puerta de acceso principal se construirá una exclusiva para tener doble control en el acceso a la terminal, en este acceso se tendrá personal de seguridad privada para el control del mismo.

De igual manera se contará con los servicios de personal profesional para protección y resguardo de las instalaciones.

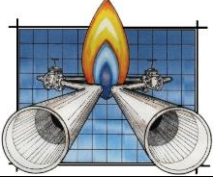
Adicionalmente se contará con un sistema de circuito cerrado de televisión, integrado por cámaras distribuidas estratégicamente en toda la planta.

B) SISTEMAS DE SEGURIDAD OPERATIVA

Para la seguridad operativa del proceso se contará con la instrumentación necesaria la cual permita operar dentro de los parámetros establecidos (presión, nivel, temperatura, flujo, presión diferencial), sin caer en situaciones que pongan en riesgo el trasvase, las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

Dentro de estos sistemas de seguridad operativa se encuentran los siguientes:

El bombeo para carga de auto-tanques tendrá un solo interruptor en la de succión de bomba, el cual actuará sobre el arrancador de este equipo al detectar una presión de 1 kg/cm².

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		HOJA: Pág. 21 de 35

Para la protección al equipo de bombeo se tiene contemplado la instalación de un interruptor de baja presión (PSL) en la línea de succión y otro de alta presión (PSH) en la línea de descarga para cada bomba.

Sistema de paro por Emergencia

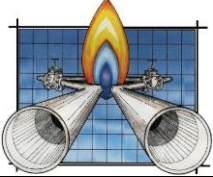
Es requerido en el área de transferencia de producto, al activarse, se deberá detener todo el flujo y a su vez se activará una indicación visual y audible.

Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En la línea de descarga de la bomba al llenado, se contará con interruptor de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm² (Aproximadamente), actuando sobre el arrancador de la bomba al llenado para suspender el bombeo en caso que se presentase esta condición.

El equipo de bombeo estará protegido de presiones bajas en la succión con un interruptor de presión el cual enviará una señal para parar el equipo o no le permitirá arrancar si el cabezal de succión del equipo no tiene la suficiente presión de succión requerida por el sistema.

Así mismo sistema alivio el cual tiene una recirculación interna de la bomba aliviando la presión de descarga hacia la succión de la bomba.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 35

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.

A continuación se indican accidentes e incidentes en instalaciones para el manejo de combustibles, ya que dentro de la búsqueda de información fue mínima la información encontrada específicamente relacionada con sistemas para trasvase de combustibles.

1. Buquetanque Quetzalcoatl. Veracruz, México. 2006

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

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

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

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

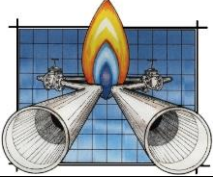
Elementos del Ejército y de cuerpos de auxilio estatales y municipales, así como personal de seguridad de Pemex, trataron de sofocar el fuego que envolvió al buque tanque de la paraestatal.

Al momento del accidente la embarcación estaba vacía.

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

2. Terminal de Almacenamiento Caribbean Petroleum Corporation. Bayamón, Puerto Rico. 2009

En la madrugada del viernes 23 de octubre de 2009 se produjeron una serie de explosiones e incendios dentro de las instalaciones de la compañía Caribbean Petroleum Corporation (CAPECO). El primer estallido fue el más potente y se registró a las 12:23 am, hora local. A partir de las 12:25 am ocurrieron múltiples explosiones secundarias ocasionales de menor intensidad que la primera. La última explosión registrada por el cuerpo de bomberos ocurrió a las 8:16 am, cinco integrantes del equipo de investigación del Comité de Seguridad Química de los Estados Unidos (CSB, por sus siglas en inglés) se presentaron en las instalaciones de CAPECO en la tarde del 23 de octubre de 2009. Dicha agencia federal estadounidense está formada por un grupo de ingenieros químicos, mecánicos, industriales y otros especialistas, dedicados a investigar accidentes a nivel industrial con el fin de proveer recomendaciones que garanticen la seguridad de instalaciones que manejan productos químicos. Su rol es explicar la ocurrencia de un accidente e identificar las causas, condiciones y circunstancias por la que ocurrió, de manera en que pueda prevenirse en un futuro.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 23 de 35

El equipo de CSB dedicó las primeras semanas posteriores al accidente a interrogar al personal de la compañía petrolera y a recolectar documentación importante sobre el manejo de las instalaciones de CAPECO. También recurrió a los videos de seguridad de la planta petrolera y a la evidencia física tras la catástrofe. En primeras instancias, CSB expresó su interés en examinar las prácticas de seguridad ejecutadas en la planta. Por su parte, el Buró Federal de Investigaciones (FBI), como agencia encargada de la investigación de crímenes federales, y la Agencia de Inmigración y Aduanas de los Estados Unidos se dedicaron a investigar el trasfondo del accidente en busca de un posible perjuicio premeditado en contra de las instalaciones de la planta petrolera.

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

3. TAD Salamanca, Guanajuato. 2017

Ciudad de México, 15 de marzo.- Este día se registró una explosión en la Terminal de Almacenamiento y Distribución (TAD) de la refinería de Salamanca, Guanajuato, que dejó al menos ocho heridos.

PEMEX informó que tres de sus trabajadores y otros cinco externos resultaron lesionados.

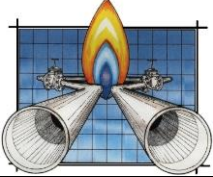
De acuerdo con medios locales, la explosión ocurrió alrededor de las 3 de la tarde en el área de llenaderas, frente a la puerta 4 de la refinería, localizada en la calle de Héroes de Cananea.

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

4. Terminal Satélite Norte de PEMEX. 1996

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

Las causas fue la ruptura de una válvula del sistema de inyección de espuma subsuperficial en el tanque de almacenamiento TV-8, ocasionada por el empleo de un material fuera de especificación.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 24 de 35

Así como por diversas fallas relacionadas con la aplicación de procedimientos de control de calidad y seguridad.

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

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

5. Refinería de Repsol en Puertollano, España. 2003

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

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

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

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

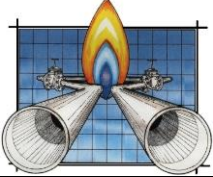
1.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

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

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

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

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 25 de 35

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

Para la identificación de los riesgos involucrados con el manejo de combustibles en la terminal de trasvase de Diesel y Gasolinas, se identificaron los puntos críticos de riesgo de los equipos y sistemas que estarán en operación, para lo cual, se cuenta con los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs), así como las memorias técnico descriptivas de los equipos y sistemas indicados.

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

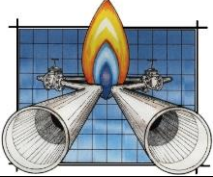
Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio que se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con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

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

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

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

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la operación del proyecto de trasvase de combustible, se seleccionó la metodología HAZOP y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 26 de 35

prevenir incidentes, mitigar las consecuencias para evitar pérdidas humanas, daños a la salud, a las instalaciones y medio ambiente.

El HAZOP fue seleccionado porque es un método completo y por lo regular se utiliza en sistemas de proceso del sector hidrocarburos para evaluar el riesgo considerando factores como: tipo de proceso y las condiciones de operación.

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

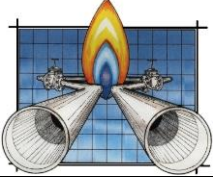
1. HAZOP. Metodología de análisis de riesgos que analiza las variables operacionales de sistemas de tuberías y equipos de proceso, para determinar las posibles fallas en la operación de los mismos, mediante la designación de Nodos y la aplicación de palabras guía. Este método da como resultado la matriz de riesgos.

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

2. En la elaboración del HAZOP se asignan ponderaciones a los parámetros de Probabilidad y Severidad, de acuerdo a lo establecido en la literatura especializada, con lo que, en base a lo establecido en la matriz de riesgos, se determina el Nivel de riesgo de cada desviación analizada. Con lo anterior, una vez realizado el HAZOP se realiza la Matriz de Riesgo de acuerdo a los resultados del mismo.
3. Una vez identificadas las desviaciones (fallas) que resultaron de mayor riesgo en el HAZOP, se identificaron y describieron las fallas de mayor riesgo con repercusiones al ambiente.
4. Para el conjunto de fallas identificado, se determinó la probabilidad de ocurrencia con la metodología árbol de fallas.
5. De acuerdo a lo anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para simulación.

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

- a) HAZOP para determinar las desviaciones (fallas) de mayor riesgo en las instalaciones del sistema de gas combustible y el de hidrógeno, mismas que pueden repercutir en eventos de riesgo con potencial daño a la infraestructura y medio ambiente.
- b) Árbol de Fallas, para determinar la probabilidad de ocurrencia de desviaciones de mayor riesgo ambiental identificadas en el HAZOP y proponer escenarios de simulación.
- c) Software SCRI Versión 2.0, para realizar en análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 27 de 35

A. HAZOP

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

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

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

Tabla 1 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) utilizado.

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-COA-TOR-TT-DTI-ATR-18_01-R.0	Transvase de Producto Combustible Diesel
GNN-COA-TOR-TT-DTI-ATR-18_02-R.0	Transvase de Producto Gasolinas

Para mayor detalle, **Ver Anexo 3.** Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI).

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

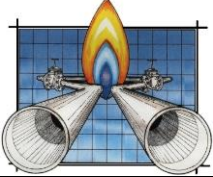
El proceso se analiza seccionándolo en partes discretas o nodos. Un nodo es generalmente una línea o un recipiente o un procedimiento. Los nodos deben ser bastante pequeños para ser manejables, y a la vez lo bastante grandes para reducir la duplicación y hacer buen uso del tiempo.

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

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

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

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		HOJA: Pág. 28 de 35

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

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

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

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

- Identifique la severidad de las consecuencias identificadas asumiendo que los sistemas básicos de control y los sistemas de protección fallan.
- Identifique las capas adicionales de protección requeridas para reducir el riesgo a un nivel aceptable. Si el riesgo del peligro no se ha reducido a un nivel aceptable, la eficacia de las capas propuestas debe ser mejorada o capas adicionales deben ser agregadas según sea necesario.
- Asigne una categoría a la consecuencia identificada.
- Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
- Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

A.1 Nodos Seleccionados para el Desarrollo del Análisis de Riesgo de Operabilidad “HAZOP”.

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron dos nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, mismos que se describen a continuación:

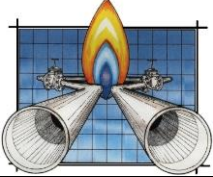
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 29 de 35

Tabla 2 Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	DTI
1	Patín de Medición Transloader (Diesel)	GNN-COA-TOR-TT-DTI-ATR-18_01-R.0
2	Patín de Medición Transloader (Gasolinas)	GNN-COA-TOR-TT-DTI-ATR-18_02-R.0

Ver en el **Anexo 6. HAZOP**, el desarrollo de cada uno de los HAZOP realizados.

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 3**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 4**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 5**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla 3 Consecuencias (en forma descriptiva).

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
1	- Primeros auxilios - Efectos menores en la salud - No requiere evacuación	- Impactos insignificantes al ambiente - Emisión pequeña pero notificable. - Queja <\$20 000	- Daños al equipo o costos de producción menores a \$20 000	- Impacto insignificante: preocupaciones individuales.
2	- Ayuda médica o trabajo limitado - Efectos medios en la salud - Requiere unidad de evacuación	- Emisiones en el sitio con la remediación inmediata disponibles - Derrame mayor a 1m³ - Menor esfuerzo de mitigación requerida por revocación total. - Notificable \$20 000 a \$200 000	- Daños al equipo o costos de producción entre \$20 000 y \$ 200 000	- Cobertura periodística local; quejas informales múltiples de la comunidad; Preocupaciones del propietario
3	- Tiempo perdido por lesiones. - Efectos significantes a la salud. - Evacuación requerida de Área	- Emisiones en el sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame contenido en el sitio. - Emisión fuera de sitio con remediación inmediata disponible. Incumplimiento \$200 000 a \$2M	- Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M	- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad; quejas formales y/o repetidas.
4	- Lesiones permanentes o discapacidades. - Efectos a la salud mayores. - Requiere evacuación de instalaciones.	- Emisión fuera del sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame fuera del sitio (licencia temporalmente cancelada) - Incumplimiento resultante en la ejecución - \$2 000 000 a \$20 000 000	- Daños al equipo o costos de producción entre \$2 000 000 a \$20 000 000	- Cobertura periodística Nacional; gran indignación de la comunidad; Litigación
5	- Muerte - Efectos graves a la salud. - Requiere evacuación de la comunidad e instalaciones.	- Pérdida irrevocable, sin mitigación posible. - Licencia cancelada - Pérdida permanente de uso del área. - >\$20 000 000	- Daños al equipo o costos de producción mayores a \$20 000 000	- Cobertura periodística Nacional e Internacional

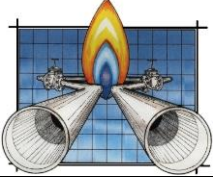
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 30 de 35

Tabla 4 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

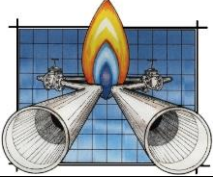
Frecuencia		Criterios de Ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Muy Alta	F5	1	0 a 1 año	El evento puede presentarse en el próximo año.
Alta	F4	0.1	>1 a 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.
Media	F3	0.01	>10 a 100 años	Puede ocurrir al menos una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

Tabla 5 Matriz de riesgos.

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

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

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 31 de 35

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

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

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

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

A continuación se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP:

Tabla 6 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				
	4. No hay Flujo	4.1				
	5. Menos Flujo	5.1				
2	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				
	4. No hay Flujo	4.1				
	5. Menos Flujo	5.1				

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

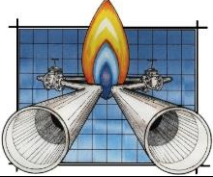
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 32 de 35

Tabla 7 Descripción de las fallas de mayor riesgo.

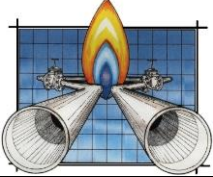
Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	Más Presión.	1. Cierre de válvula a la salida del patín de medición.	- Posible golpe de ariete en tubería de salida. - Incremento de presión en tubería de 4". - Fugas de combustible por las bridas de la válvula. Riesgo de incendio por fuga de combustible.
	Menos Flujo	1. Falla en la interconexión de la manguera de descarga de Carrotanques.	- Desabasto de combustible Autotanques. Riesgo de incendio por fuga de combustible
2	Más Presión.	2. Cierre de válvula a la salida del patín de medición.	- Posible golpe de ariete en tubería de salida. - Incremento de presión en tubería de 4". - Fugas de combustible por las bridas de la válvula. Riesgo de incendio por fuga de combustible.
	Menos Flujo	2. Falla en la interconexión de la manguera de descarga de Carrotanques.	- Desabasto de combustible Autotanques. Riesgo de incendio por fuga de combustible

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

B. Árbol de Fallas

El árbol de fallas es una herramienta empleada para el análisis de cómo pueden llegar a ocurrir y de las posibles interrelaciones entre los eventos. Se trata de un proceso deductivo que permite determinar cómo puede tener lugar un suceso en particular apoyando en la cuantificación de los riesgos involucrados.

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 33 de 35

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

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

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

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

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

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

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

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

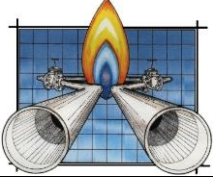
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 34 de 35

Tabla 8 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

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

FUENTE: Health and Safety Briefing No 26a Sept. 2004.
The Institution of Electrical Engineers

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

Tabla 9 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.

Nodo	Desviación	Causa	Probabilidad de falla
1	Más Presión	Cierre de válvula a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	Menos Flujo	Falla en la interconexión de la manguera de descarga de Carrotanques.	1×10^{-3} ¹
2	Más Presión	Cierre de válvula a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	Menos Flujo	Falla en la interconexión de la manguera de descarga de Carrotanques.	1×10^{-3}

Para mayor detalle, **Ver Anexo 7. Árboles de Falla.**

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

¹ Tomado directamente de referencia bibliográfica: J. M. Storch de Gracia. T. García Martín. *Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas: Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño*. Editorial: Díaz de Santos, 2008

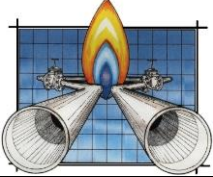
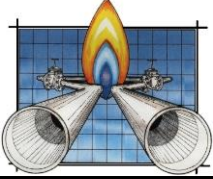
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	I
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 35 de 35

Tabla 10 Descripción de escenarios.

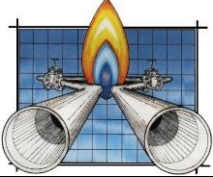
Escenario	Descripción
1	Fuga de Diesel en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.
2	Fuga de Diesel en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.
3	Fuga de Gasolina en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.
4	Fuga de combustible en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.

Los escenarios anteriores, son propuestos dados los resultados obtenidos en el HAZOP, sin embargo, como en el área del proyecto estarán circulando en un momento dado 25 Autotanques que es la capacidad de carga por día, se consideró realizar una simulación para obtener los radios de afectación, en caso de derrame de combustible por el choque imprudencial de dos pipas (cargadas con Diesel y/o Gasolinas) considerando la ruptura del tanque de almacenamiento y fuga de la totalidad del combustible de ambos vehículos, que sería el evento más catastrófico.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	V
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 2

Índice

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	V
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 2

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

V.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

V.1.1 PLANOS DE LOCALIZACIÓN

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

V.1.2 FOTOGRAFÍAS

Ver Anexo 11 del ERA.

V.1.3 VIDEOS

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

V.2 OTROS ANEXOS

a) Documentos legales

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

b) Cartografía consultada

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

c) Autorizaciones y permisos

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

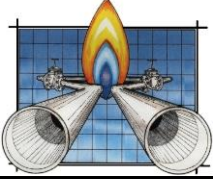
- En materia de Impacto y Riesgo Ambiental.
- Licencias de Uso de Suelo y de Construcción.
- Título de Permiso para comercialización de Petrolíferos expedido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Entre otras.

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

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

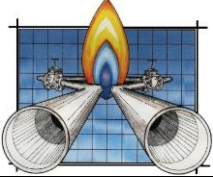
e) Memoria técnica de la(s) modelación(es)

Las memorias técnicas de las simulaciones realizadas, se incluyen en el **Anexo 8**.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		CAPITULO	IV
			FECHA	Mayo del 2018
			HOJA:	Pág. 1 de 3

Índice

IV. RESUMEN	2
IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL	2
IV.2 HACER UN RESUMEN DE LA SITUACIÓN GENERAL QUE PRESENTA EL PROYECTO EN MATERIA DE RIESGO AMBIENTAL	2

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	IV
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 3

IV. RESUMEN

IV.1 SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El presente Estudio de Riesgo Ambiental (ERA) llevó a la conclusión de que los riesgos mayores en la terminal de trasvase, es la incidencia de incendio y explosión por el desgaste de materiales y fallas humanas, ya que por las condiciones de operación y por las condiciones ambientales, facilita que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo, la integridad física de los mismos se deteriore llegando a provocar posibles fugas; por lo anterior, la Promovente documentará las medidas de prevención y control que se instaurarán en cada punto de la terminal de trasvase para reducir los riesgos existentes por incendio y explosión.

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

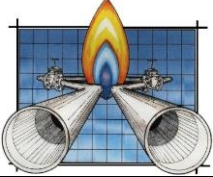
La verificación de la integridad mecánica y de operación de las instalaciones de manejo de combustibles por una UV acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía y la ema, se realizará antes de entrar en operación y posteriormente con apego a la normativa, lo que asegura y reduce los riesgos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

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

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

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una terminal de trasvase de Productos Petrolíferos (Diesel y Gasolinas).

En el proyecto ejecutivo en cuestión, se aplica ingeniería de punta mediante la operación de un transloader con el objetivo de minimizar los riesgos implícitos y satisfacer a sus clientes de combustible para la realización de sus operaciones. Como resultado del análisis de riesgo, basado en las memorias técnicas-descriptivas y diagrama de instrumentación (DTI) de la terminal de trasvase y

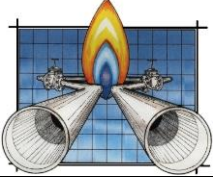
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	IV
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 3

de los accesorios que serán instalados, se consideraron aquellos eventos donde estuvieran involucrados los sucesos similares ocurridos en otras zonas donde se realiza el mismo diseño y construcción de terminal de trasvase, se tomaron en cuenta los accesorios, tales como: válvulas, medidores, bridas y reguladores, para la determinación de las desviaciones, causas y consecuencias de probables eventos producidos por fallas mecánicas o de operabilidad con sus probables áreas de afectación.

Una vez realizado el estudio de riesgo y analizado todas las variables que pudieran tener influencia o ser determinantes en el proyecto, se puede concluir que es factible alcanzar la edificación de una terminal de trasvase de hidrocarburos, con suficiente certidumbre de su seguridad hacia el medio ambiente y las instalaciones circundantes.

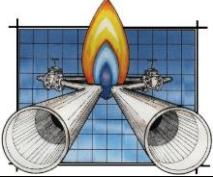
Se considera que las prácticas relacionadas con la recepción y entrega de hidrocarburos, están apegadas a los criterios establecidos en normatividades aplicables. Los resultados de la identificación de riesgos probables determinados, concuerda con aquellos que generalmente resultan de la práctica del manejo de hidrocarburos.

De los eventos simulados, los de mayores consecuencias resultaron ser los relativos a derrames en tuberías de conducción y fallos humanos, pero que su probabilidad es baja, sin embargo, el diseño y construcción de la terminal de trasvase será realizado con los más altos estándares de seguridad tanto nacionales e internacionales, con la finalidad de que en la etapa de operación los eventos de riesgo sean mínimos con la menor afectación al medio ambiente y zonas aledañas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	III
		FECHA	Mayo del 2018
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.		HOJA: Pág. 1 de 4

Índice

III. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL.....	2
III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS	2
III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD	3
III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	4

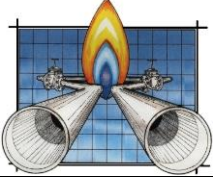
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	III
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 4

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

III.1 RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

Para la realización del presente Análisis de Riesgo, se utilizó la técnica del HAZOP (Hazard and Operability) para la evaluación y determinación de riesgos y mediante los paquetes SCRI Fuego (Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosión), versión 2.1 para la realización de simulaciones de fugas de combustible en la terminal de trasvase, de lo cual, aunado al análisis de información de las ampliaciones a realizar, se derivan las siguientes recomendaciones:

- Elaborar y poner en práctica un programa para la calibración de los instrumentos de medición y control, así como para el mantenimiento de los mismos de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Ya en operación, elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes (PPA), en el cual se incluyan todos los procedimientos de emergencia con los que contará la terminal de trasvase; además donde se establezca que la empresa promovente deberá de estar en coordinación con Protección Civil municipal y estatal para la atención de cualquier emergencia que se llegue a presentar.
- Incluir dentro de un programa, el mantenimiento al sistema contra incendio, que se instalará en la terminal de trasvase, y aplicarlo por lo menos una vez al mes, y contar con una lista de verificación de las condiciones de dicho sistema.
- Realizar un simulacro de incendio preferentemente dentro del primer mes de operación, de tal manera que se evalúe la capacidad de respuesta del personal para la atención de una emergencia,
- Elaborar y poner en práctica una lista de verificación que asegure la correcta operación de los equipos a instalar en la terminal de trasvase, tales como: bombas, tuberías de conducción y Autotanques, principalmente.
- Toda la señalización de las tuberías, equipos y componentes, así como vialidades, rutas y salidas de emergencia, entre otras, debe mantenerse visible y en buen estado, cumpliendo con la normatividad nacional aplicable.
- Instalar dispositivos para determinar la dirección del viento en puntos estratégicos de la terminal de trasvase de manera que sean visibles desde cualquier punto de la instalación. Así mismo, incluir el mantenimiento de los mismos en el programa anual de la instalación.
- Instalar pararrayos en el área de descarga/carga de Combustibles.
- Realizar la medición de la red de tierras físicas y pararrayos preferentemente dentro del primer mes de operación, mediante un laboratorio acreditado ante la ema y conforme a la NOM-022-STPS-2015.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	III
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 4

III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

SISTEMAS DE SEGURIDAD FÍSICA

Para la seguridad física de la terminal se construirá una barda perimetral alrededor de la planta, la cual tendrá una altura de cuando menos 3 metros con concertina en su parte superior.

De igual manera en su puerta de acceso principal se construirá una exclusiva para tener doble control en el acceso a la terminal, en este acceso se tendrá personal de seguridad privada para el control del mismo.

De igual manera se contará con los servicios de personal profesional para protección y resguardo de las instalaciones.

Adicionalmente se contará con un sistema de circuito cerrado de televisión, integrado por cámaras distribuidas estratégicamente en toda la planta.

SISTEMAS DE SEGURIDAD OPERATIVA

Para la seguridad operativa del proceso se contará con la instrumentación necesaria la cual permita operar dentro de los parámetros establecidos (presión, nivel, temperatura, flujo, presión diferencial), sin caer en situaciones que pongan en riesgo el trasvase, las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

Dentro de estos sistemas de seguridad operativa se encuentran los siguientes:

El bombeo para carga de auto-tanques tendrá un solo interruptor en la de succión de bomba, el cual actuará sobre el arrancador de este equipo al detectar una presión de 1 kg/cm².

Para la protección al equipo de bombeo se tiene contemplado la instalación de un interruptor de baja presión (PSL) en la línea de succión y otro de alta presión (PSH) en la línea de descarga para cada bomba.

Sistema de paro por Emergencia

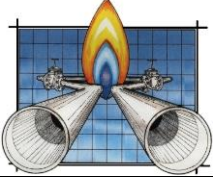
Es requerido en el área de transferencia de producto, al activarse, se deberá detener todo el flujo y a su vez se activará una indicación visual y audible.

Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En la línea de descarga de la bomba al llenado, se contará con interruptor de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm² (Aproximadamente), actuando sobre el arrancador de la bomba al llenado para suspender el bombeo en caso que se presentase esta condición.

El equipo de bombeo estará protegido de presiones bajas en la succión con un interruptor de presión el cual enviará una señal para parar el equipo o no le permitirá arrancar si el cabezal de succión del equipo no tiene la suficiente presión de succión requerida por el sistema.

Así mismo sistema alivio el cual tiene una recirculación interna de la bomba aliviando la presión de descarga hacia la succión de la bomba.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	III
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 4

UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES (URV)

La descripción completa de la URV se incluye en el **Anexo 12**.

III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

La operación de la terminal de trasvase será monitoreada a través del PLC y la UCL de manera local en el patín de llenado del transloader de Autotanques.

La terminal de trasvase tendrá la capacidad de monitorear en tiempo real la operación de la planta, así como llevar el balance de entradas, salidas de producto de planta y el inventario de productos.

Este sistema de administración operativa de la planta también tendrá comunicación con sus clientes, permitiéndoles llevar el control de disposición de su producto, así como sus inventarios. Administrando el acceso y llenado de sus Autotanques y personal, en planta.

El sistema contraincendios estará integrado con equipos móviles necesarios para cualquier contingencia o combate mayor dentro del área de trasvase de Carrotanques - autotanque.

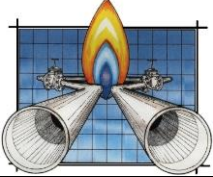
Monitor-Móvil

De manera alterna alrededor del área se dispondrá de monitores móviles los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del mismo. Estos sistemas serán construidos de acuerdo a los requerimientos de la norma NFPA 11. En toda el área de trasvase, se consideran bidón o bidones para cada monitor que contendrá espuma AFFF al 3%, estos tomarán agua de la propia red C.I. para formar dicha espuma.

SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.

Los sistemas de Telecomunicaciones considerados en el proyecto son:

1. Sistema de voz y datos
2. Sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV)
3. Sistema de control de acceso
4. Sistema de detección de intrusión
5. Sistemas de intercomunicación
6. Medios de enlace

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Mayo del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 37

Índice

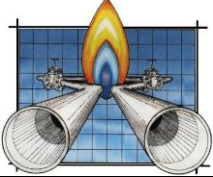
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES	2
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	2
II.1.1 Justificación de los modelos matemáticos para la simulación.	2
II.1.2 Descripción de escenarios	7
II.1.3 Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento	17
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	23
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL	33

Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.	5
Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión	6
Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).	33
Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).	34
Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).	34
Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada	36

Índice de Figuras

Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.	17
Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.	18
Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.	19
Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.	20
Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.	21
Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.	22

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 37

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

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

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

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

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

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

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI fuego Versión 2.0, permite determinar las áreas potencialmente vulnerables, de tal manera que se generen recomendaciones para evitar la ocurrencia del evento o contar con la protección adecuada en caso de que este ocurra.

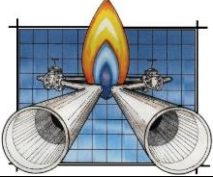
Modelación de Pool Fire (Charco de Fuego).

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

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

Las consideraciones importantes son:

1. El líquido debe ser drenado a un área segura,
2. El líquido debe ser cubierto para prevenir la vaporización,
3. El área de drenaje debe estar suficientemente lejos de fuentes de fuego de radiación térmica,
4. Se debe suministrar protección adecuada contra fuego,
5. Se debe considerar la contención y drenaje del agua contra el fuego,
6. Se debe proporcionar detección de fugas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 37

Modelación de Explosiones (Sobrepresión).

Para realizar las simulaciones de los efectos por sobrepresiones en los tres escenarios definidos para el presente estudio se utilizó el modelo SCRI Fuego (Simulación de Contaminación y Riesgos Industriales) en la versión 2.0, el cual es un conjunto de herramientas, para simular en computadora; emisiones de contaminantes, fugas y derrames de productos tóxicos y daños por nubes explosivas, para estimar escenarios de afectación de emisiones continuas o instantáneas, bajo diversas condiciones meteorológicas, para estudios de riesgo e impacto ambiental, diseño de plantas e instalaciones industriales y apoyar en la capacitación y entrenamiento de personal, en el manejo de situaciones de emergencia.

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

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

Modelación de incendio.

Este modelo calcula y proporciona los radios de la zona en donde el fuego provoca quemaduras a personas sin protección, dichos radios están dados en dos escalas que determinan quemaduras letales para el radio que delimita los 9.5 kW/m² y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m² de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

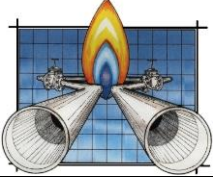
- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

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

Límites para definición de las áreas de riesgo y amortiguamiento.

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

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 37

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de medio riesgo: 3 kW/m², (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 1.4 kW/m² (kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo: 1.0 lb/plg² (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): 0.5 lb/plg² (Libras por pulgada cuadrada).

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

El análisis de consecuencias busca determinar la magnitud de las consecuencias de un incidente peligroso, esto es, un acontecimiento que por lo general ocurre sin advertencia, durante un periodo corto y con efectos potencialmente serios en personas y propiedades.

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

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

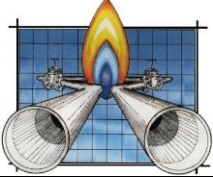
Factores de mitigación.

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

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

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

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 37

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

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

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

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.

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

Formación de ondas de sobrepresión.

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

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

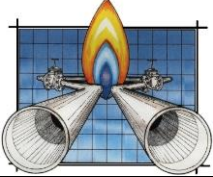
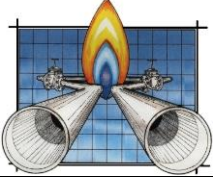
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 6 de 37

Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 7 de 37

II.1.2 Descripción de escenarios

Escenario No. 1.					
Descripción:		Fuga de Diesel en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.			
Consideraciones operativas			Condiciones ambientales (promedio):		
Ubicación:	Área de Descarga		Temperatura ambiente:	22.5°C ¹	
Presión de operación (máxima):	0.5 kg/cm ² (71.1 psig)		Velocidad del viento:	3 m/s ²	
Flujo de operación:	490 GPM (7.11 m ³ /s)		Precipitación:	251 m (anual) ¹	
Diámetro considerado para simulación:	2" (0.0762 m)		Altitud:	1 150 msnm	
			Humedad relativa:	30% ²	

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la parte de descarga de Carrotanques a causa del derrame de Diesel ocasionado por falla en la interconexión de la manguera flexible causado el por movimiento imprudencial del carrotanque, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 2" (0.0762 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.0233 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques.
- El diámetro máximo del derrame es de 26.68 m. (calculado por el software SCRI).

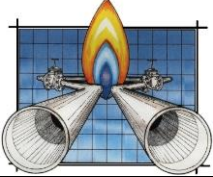
RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	60.24 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	260.11 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	112.28 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	442.15 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

¹ Valor tomado de la Estación Meteorológica de la CONAGUA.

² Valor tomado de la estación climatológica en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP (municipio de Matamoros).

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 37

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

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

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

Dónde:

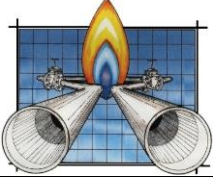
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.00456
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	49 033.26
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(49\,033)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 19.58 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.0233 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 9 de 37

Escenario No. 2.

Descripción:	Fuga de Diesel en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Transloader	Temperatura ambiente:	22.5°C
Presión de operación (considerando la sobrepresión):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	3 m/s
Flujo de operación:	490 GPM (1.85 m ³ /s)	Precipitación:	251 m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	1 150 msnm
		Humedad relativa:	30%

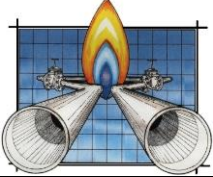
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la localización del transloader a causa del derrame de Diesel ocasionado por el desgaste en la tubería de salida aunado a una sobrepresión causada por el cierre de la válvula, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la tubería de salida genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00633 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques y transloader.
- El diámetro máximo del derrame es de 13.9 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	32.04 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	168.44 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	60.05 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	286.33 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 10 de 37

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

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

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

Dónde:

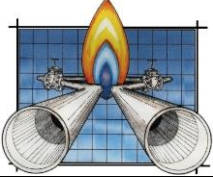
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	294 199.56
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,332.6)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 5.32 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00633 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 11 de 37

Escenario No. 3.

Descripción:	Fuga de Diesel en el área de maniobras de Autotanques debido al choque accidental de dos vehículos provocando el escape de todo el combustible de uno de los Autotanques con capacidad para 30 000 Litros.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Patio de maniobras	Temperatura ambiente:	22.5°C
Presión de operación (considerando la sobrepresión):	No aplica	Velocidad del viento:	3 m/s
Volumen fugado:	30 000 Litros	Precipitación:	251 m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	No aplica	Altitud:	1 150 msnm
		Humedad relativa:	30%

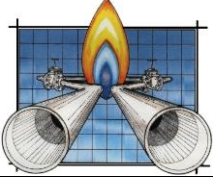
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el patio de maniobras de la terminal a causa del choque accidental de dos vehículos provocando el escape de todo el combustible de uno de los Autotanques con capacidad para 30 000 Litros, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Autotanques.
- El diámetro máximo del derrame es de 174.8 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	368.38 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	501.13 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	680.72 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	851.84 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 12 de 37

Escenario No. 4.

Descripción:	Fuga de Gasolina en el área de Carrotanques a causa de la falla de la manguera de descarga por movimiento indebido del Carrotanque.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Área de Descarga	Temperatura ambiente:	22.5°C
Presión de operación (máxima):	0.5 kg/cm ² (71.1 psig)	Velocidad del viento:	3 m/s
Flujo de operación:	490 GPM (7.11 m ³ /s)	Precipitación:	251 m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	2" (0.0762 m)	Altitud:	1 150 msnm
		Humedad relativa:	30%

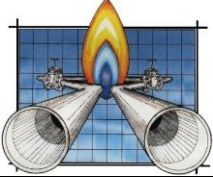
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la parte de descarga de Carrotanques a causa del derrame de Gasolina ocasionado por falla en la interconexión de la manguera flexible causado el por movimiento imprudencial del carrotanque, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la manguera genera un orificio de diámetro equivalente a 2" (0.0762 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.025 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques.
- El diámetro máximo del derrame es de 19.83 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	58.73 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	259.23 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	109.77 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	440.65 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 13 de 37

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

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

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

Dónde:

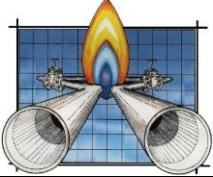
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.00456
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	49 033.26
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(49\,033)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 17.61 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.025 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 14 de 37

Escenario No. 5.

Descripción:	Fuga de Gasolina en el transloader, debido al cierre en falso de la válvula de salida aunado al desgaste de la tubería a la salida del transloader, provocando el derrame de combustible en el área.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Transloader	Temperatura ambiente:	22.5°C
Presión de operación (considerando la sobrepresión):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	3 m/s
Flujo de operación:	490 GPM (1.85 m ³ /s)	Precipitación:	251 m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	1 150 msnm
		Humedad relativa:	30%

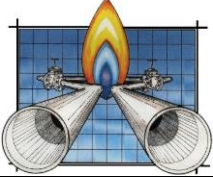
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la localización del transloader a causa del derrame de Gasolina ocasionado por el desgaste en la tubería de salida aunado a una sobrepresión causada por el cierre de la válvula, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que la falla en la tubería de salida genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00702 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 180 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Carrotanques y transloader.
- El diámetro máximo del derrame es de 10.51 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	31.69 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	167.83 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	59.62 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	285.29 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 15 de 37

Cálculo de la tasa de emisión de masa de combustible:

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

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

Dónde:

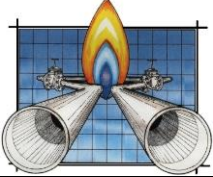
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	294 199.56
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(294\,199.56)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 4.78 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00702 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 16 de 37

Escenario No. 6.

Descripción:	Fuga de Gasolina en el área de maniobras de Autotankes debido al choque accidental de dos vehículos provocando el escape de todo el combustible de uno de los Autotankes con capacidad para 30 000 Litros.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Patio de maniobras	Temperatura ambiente:	22.5°C
Presión de operación (considerando la sobrepresión):	No aplica	Velocidad del viento:	3 m/s
Volumen fugado:	30 000 Litros	Precipitación:	251 m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	No aplica	Altitud:	1 150 msnm
		Humedad relativa:	30%

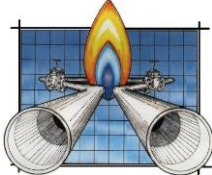
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el patio de maniobras de la terminal a causa del choque accidental de dos vehículos provocando el escape de todo el combustible de uno de los Autotankes con capacidad para 30 000 Litros, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el caso de la explosión de los vapores, se considera que a 120 segundos después de generado el derrame éstos entran en contacto con una fuente de ignición a causa de la electricidad estática existente en los Autotankes.
- El diámetro máximo del derrame es de 125.46 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	348.06 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	482.24 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	643.88 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	819.72 m

En el **Anexo 8**, se incluyen los resultados de las Simulaciones con el Software SCRI.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	HOJA:	Pág. 17 de 37

II.1.3 Representación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento

Los radios de afectación se indican a continuación:

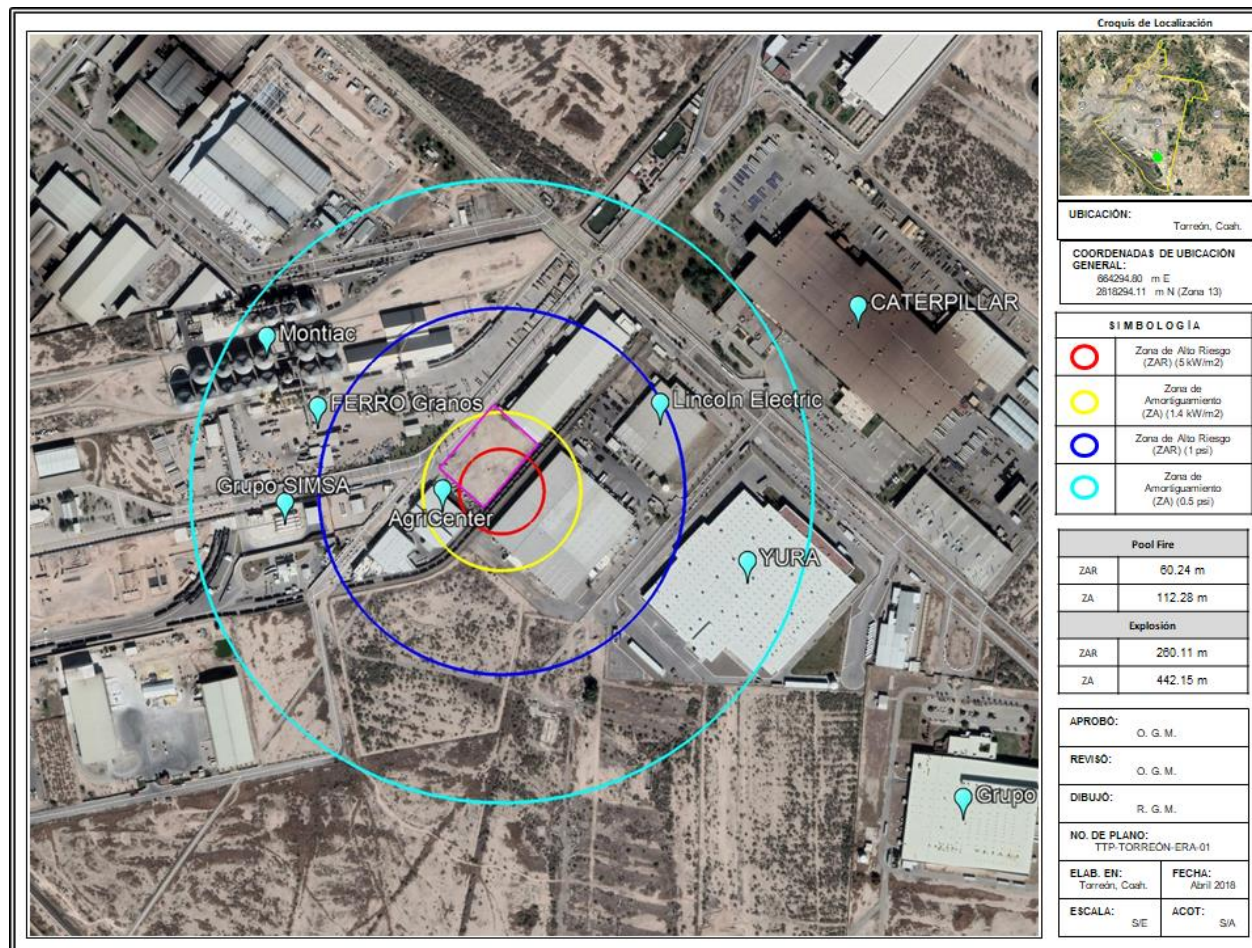
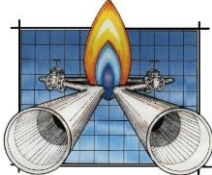


Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 18 de 37

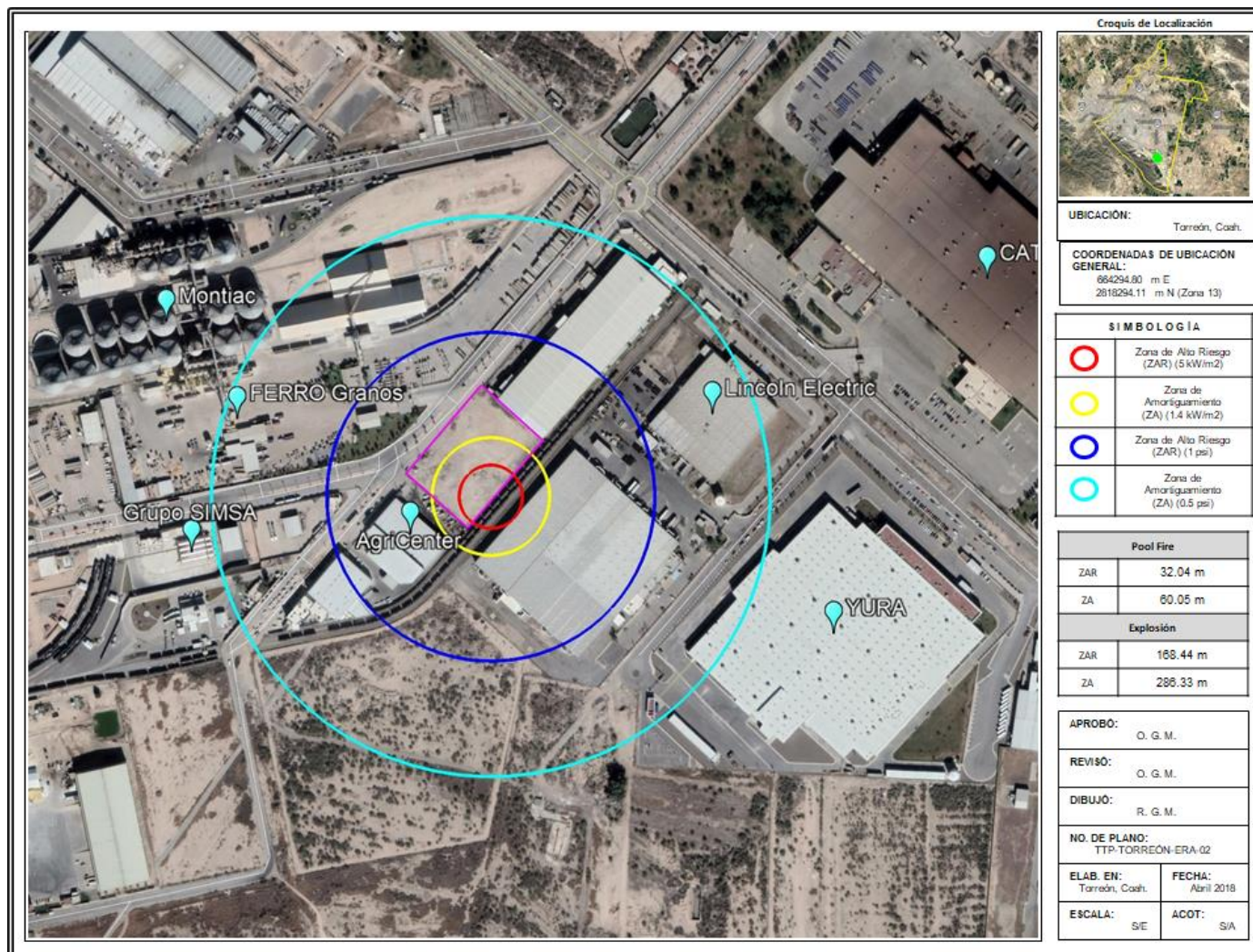
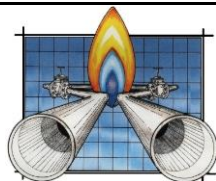


Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos

Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah.
Municipio de Torreón, Coah.

CAPITULO

II

FECHA

Abril del 2018

HOJA:

Pág. 19 de 37

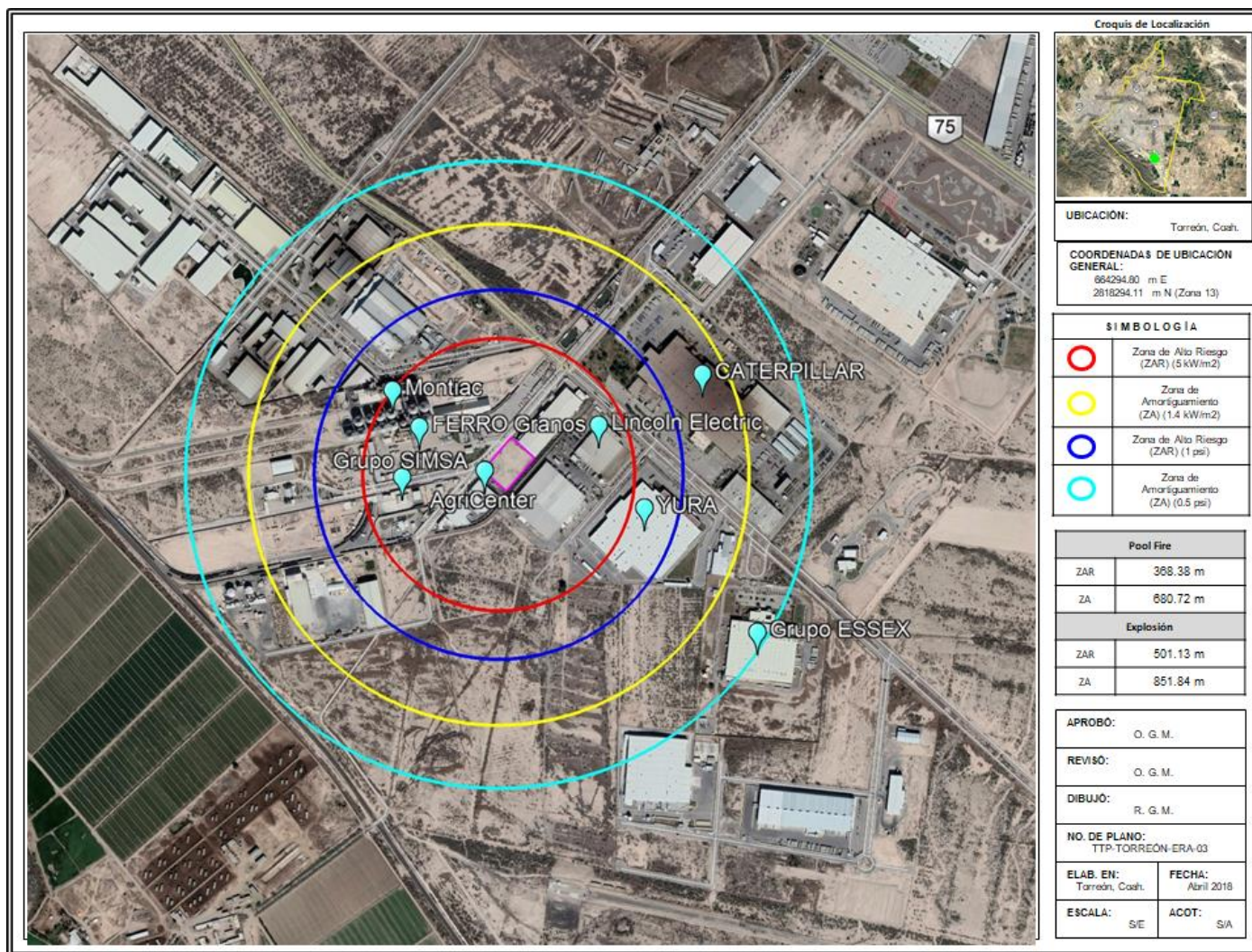
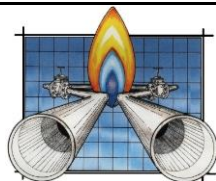


Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos

Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah.
Municipio de Torreón, Coah.

CAPITULO	II
FECHA	Abril del 2018
HOJA:	Pág. 20 de 37

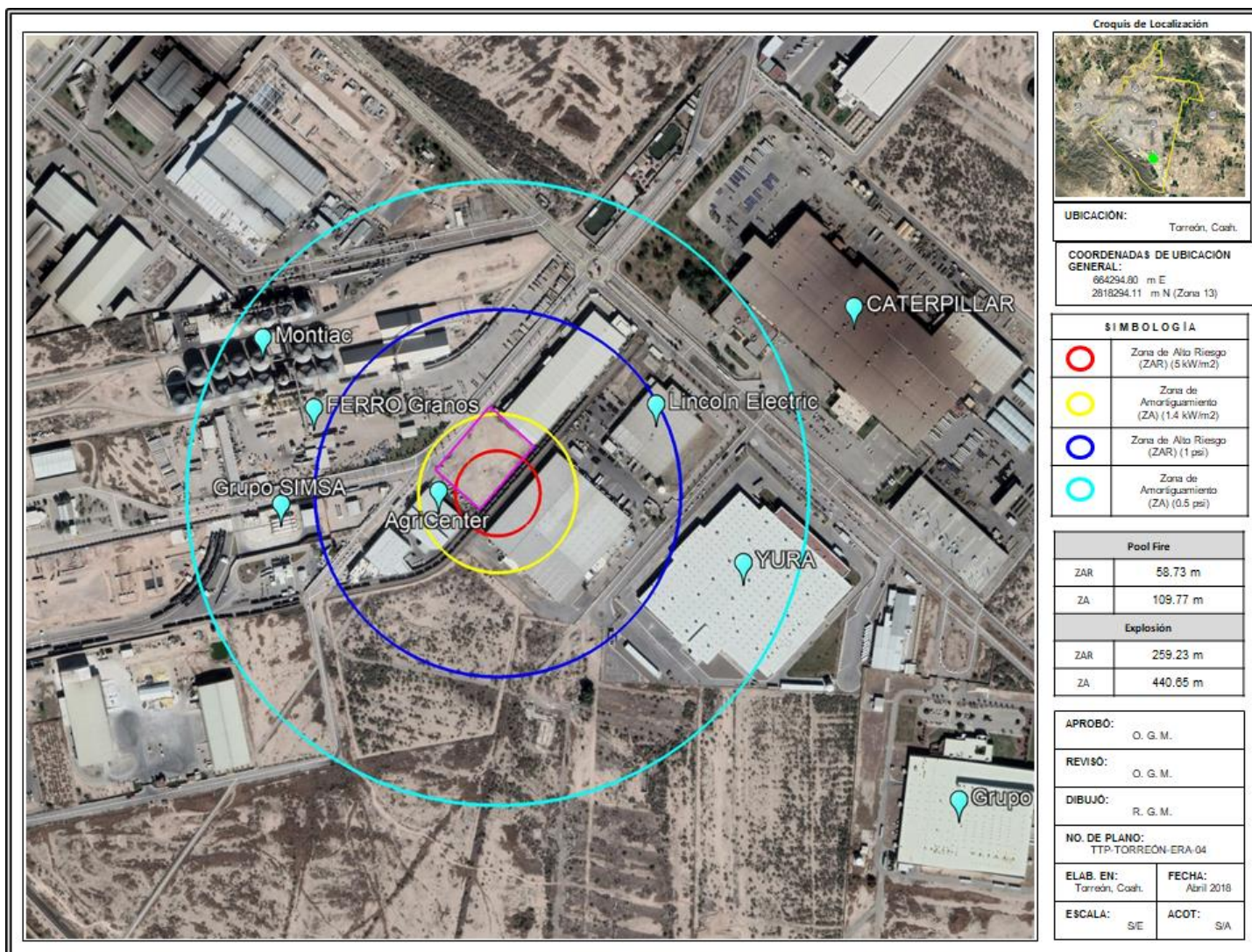
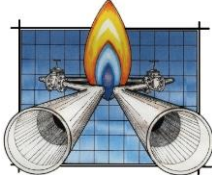


Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
	Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	HOJA:	Pág. 21 de 37

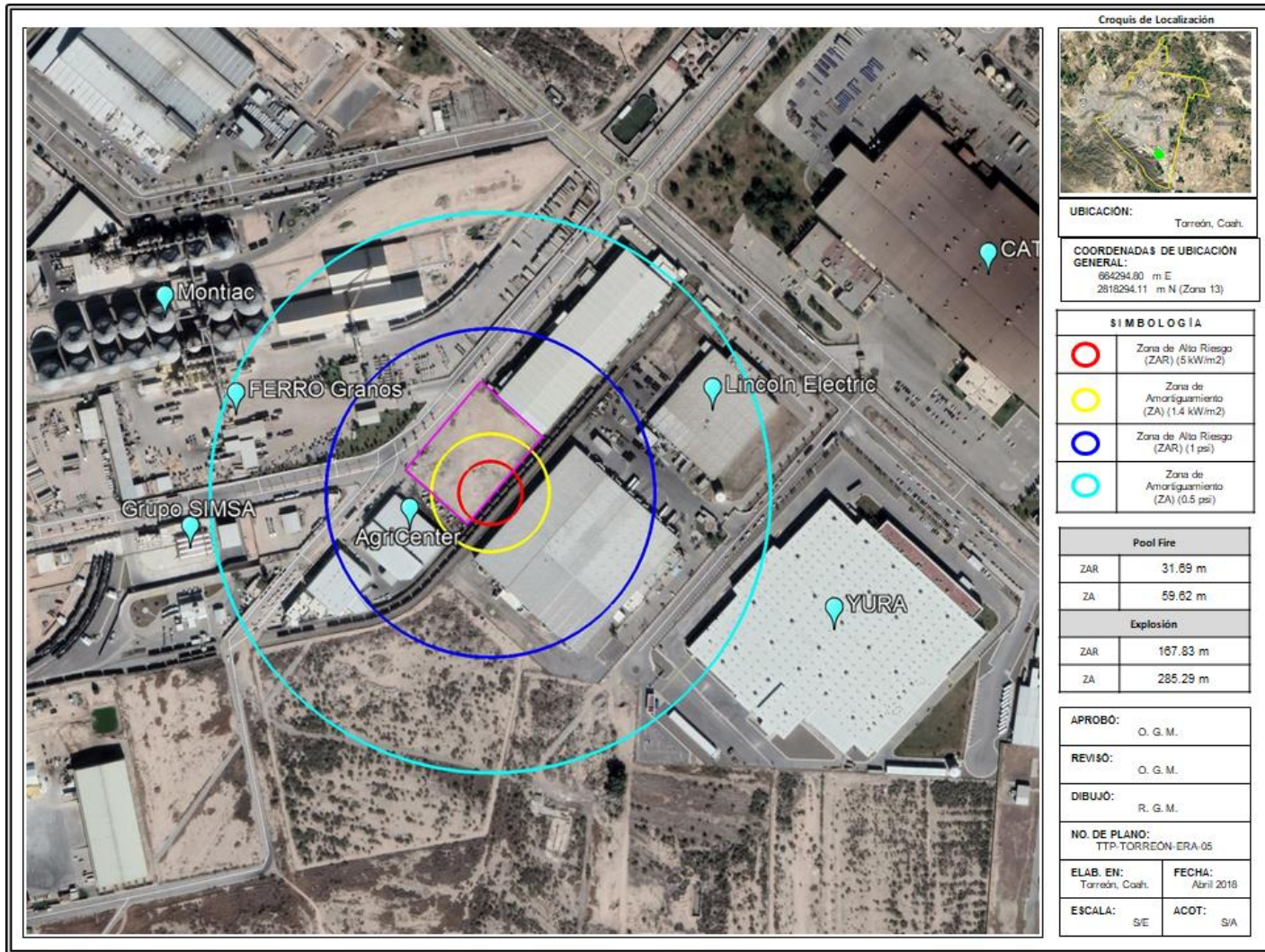
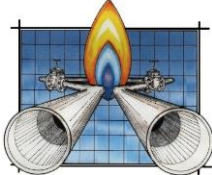


Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 37

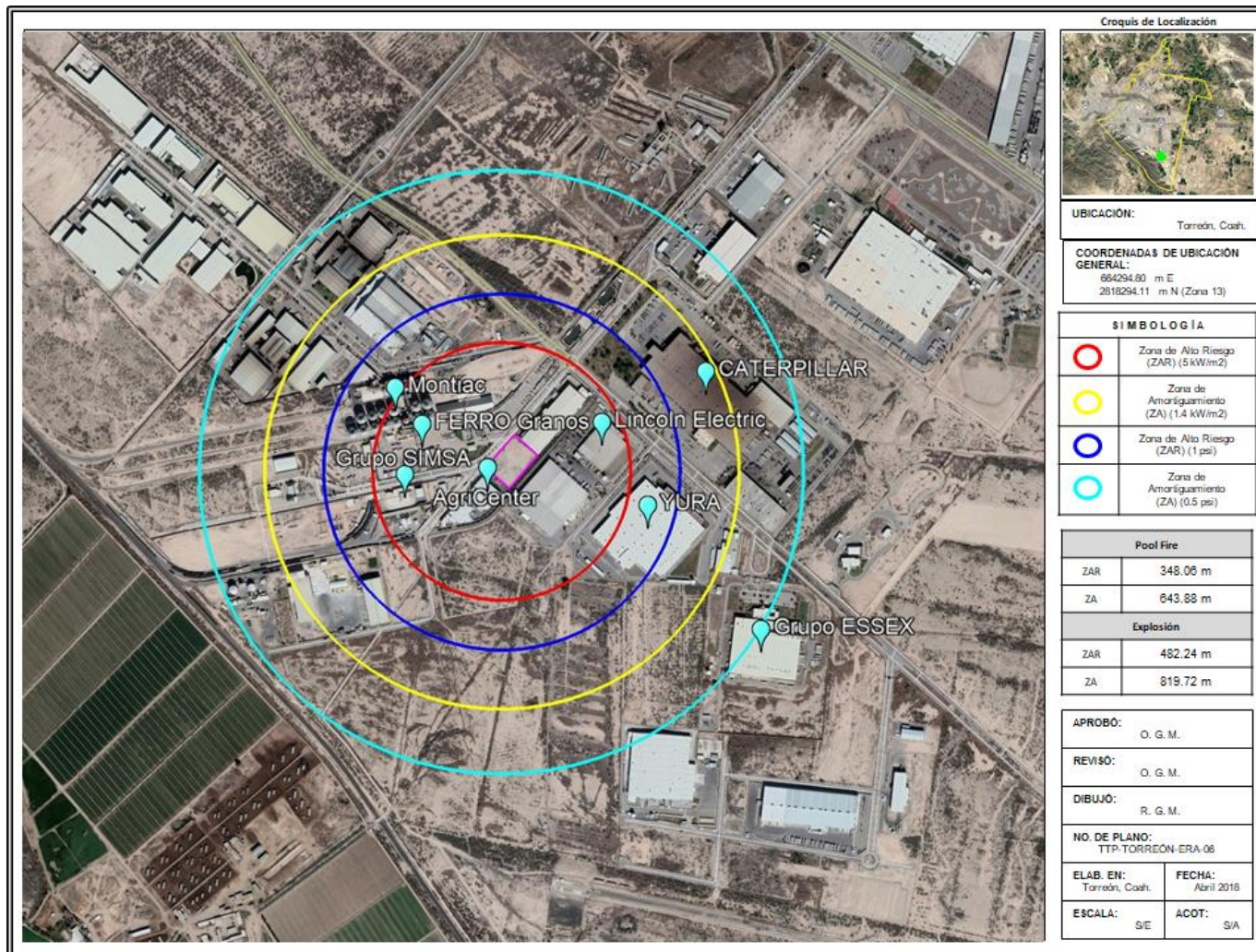


Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.

Para mayor detalle, Ver Anexo 9.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 23 de 37

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

ESCENARIO 1.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 138 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 60.24 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustible serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 20 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 20 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 20 m desde la formación del charco de fuego en el área para descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 60.24 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase así como a las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 20 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 20 m y hasta una distancia de 30 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 30 m y hasta el límite de la ZAR que es de 60.24 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m^2 a una distancia de 60.24 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 112.28 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de transferencia ni en las naves industriales aledañas, ya que los niveles de radiación no son suficientes para causar daños.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 60.24 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 113 m distancia del charco de

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 24 de 37

fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m^2 , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

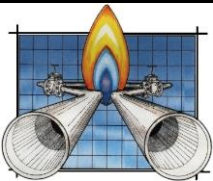
Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 260.11 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 10 m y hasta los 260.11 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales existentes en el Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 65 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 65 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 260.11 m hasta 0.5 psi a una distancia de 442.15 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 2.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 83 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 32.04 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustibles serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para trasvase de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 32.04 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 25 de 37

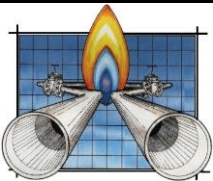
Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase y parte de las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 18 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 18 m y hasta el límite de la ZAR que es de 32.04 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 32.04 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 60.05 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 32.04 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 62 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 168.44 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 168.44 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales aledañas al predio de la terminal y que pertenecen al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 26 de 37

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 168.44 m hasta 0.5 psi a una distancia de 286.33 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

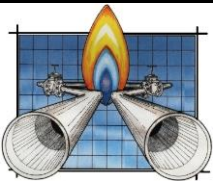
ESCENARIO 3.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 430 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 368.38 m; en esta zona las afectaciones a toda la infraestructura de la terminal de trasvase serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 150 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes de las naves industriales aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 150 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader (propios del proyecto), además de las naves industriales pertenecientes al Parque Industrial Ferropuerto, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 150 m desde la formación del charco de fuego en el área para manejo de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 368.38 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a las naves industriales aledañas al predio de la terminal, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 150 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 150 m y hasta una distancia de 260 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 260 m y hasta el límite de la ZAR que es de 368.38 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m^2 a una distancia de 368.38 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 680.72 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 27 de 37

El daño esperado en las personas aledañas a la instalación no son significativas, puesto que todos los habitantes que se localicen a 368.38 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los habitantes se localicen a más de 682 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m^2 , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 501.13 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 25 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 25 m y hasta los 501.13 m que es el límite de la ZAR se afectarán las las naves industriales pertenecientes al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 100 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 501.13 m hasta 0.5 psi a una distancia de 851.84 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 4.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 116 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 58.73 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustible serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 20 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 20 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 28 de 37

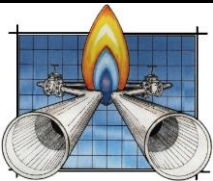
Posterior a los 20 m desde la formación del charco de fuego en el área para descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 58.73 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase así como a las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 20 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 20 m y hasta una distancia de 30 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 30 m y hasta el límite de la ZAR que es de 58.73 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 58.73 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 109.77 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de transferencia ni en las naves industriales aledañas, ya que los niveles de radiación no son suficientes para causar daños.

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 58.73 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 112 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 259.23 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 10 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 10 m y hasta los 259.23 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales existentes en el Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 65 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 65 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 29 de 37

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 259.23 m hasta 0.5 psi a una distancia de 440.65 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

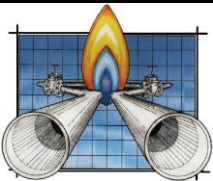
ESCENARIO 5.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 72 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 31.69 m; en esta zona las afectaciones a los Carrotanques y Autotanques en el trasvase de combustibles serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 10 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 10 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las naves industriales aledañas.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para trasvase de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 31.69 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a los Autotanques que se encuentren estacionados en el interior de la terminal de trasvase y parte de las naves industriales aledañas, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 18 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 18 m y hasta el límite de la ZAR que es de 31.69 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m^2 a una distancia de 31.69 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 59.62 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 30 de 37

El daño esperado en los operadores de la Terminal para la ZA no es significativo, puesto que todos los operadores o personas que se localicen a 31.69 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los operadores y personas se localicen a más de 62 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m^2 , nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 8 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 167.83 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 6 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 6 m y hasta los 167.83 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales aledañas al predio de la terminal y que pertenecen al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 30 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura de pulmones; posterior a los 30 m, únicamente se consideran lesiones como (rotura de tímpanos) en la integridad física de las personas sin causar la muerte de las mismas.

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 167.83 m hasta 0.5 psi a una distancia de 285.29 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

ESCENARIO 6.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 348.93 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 348.06 m; en esta zona las afectaciones a toda la infraestructura de la terminal de trasvase serán inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques de tracto camiones y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 140 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes de las naves industriales aledañas, ya que la máxima radiación que puede soportar el acero es de 40 kW/m^2 , lo anterior sería un daño significativo si se considera que en el radio de 140 m se localizarán los Carrotanques, Autotanques y transloader (propios del proyecto), además de las naves industriales pertenecientes al Parque Industrial Ferropuerto, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 31 de 37

charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la instalación y afectación directa a las poblaciones aledañas.

Posterior a los 140 m desde la formación del charco de fuego en el área para manejo de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 348.06 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m² (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a las naves industriales aledañas al predio de la terminal, por el debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 140 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 140 m y hasta una distancia de 240 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores y personal en la terminal de trasvase se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 240 m y hasta el límite de la ZAR que es de 348.06 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 348.06 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 643.88 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la terminal de trasvase ni en las naves industriales aledañas.

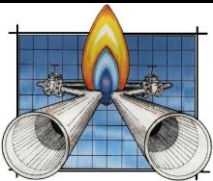
El daño esperado en las personas aledañas a la instalación no son significativas, puesto que todos los habitantes que se localicen a 348.06 m del origen del charco de fuego tendrán un mínimo de 18 segundos para poder resguardarse de los efectos de la radiación antes de sufrir dolor severo y como mínimo 57 segundos antes de sufrir quemaduras de segundo grado. Para este caso se recomienda que todos los habitantes se localicen a más de 645 m distancia del charco de fuego donde la radiación será menos de 1 kW/m², nivel de radiación máxima que se alcanza en un día soleado y que no causa efectos significativos en la piel siempre y cuando se cuente con vestimenta apropiada.

Para el caso de la formación de una atmósfera explosiva que entra en contacto con una fuente de ignición desencadenando una explosión no confinada, la ZAR tiene valores que van desde 10 000 psi en el punto donde se genera la explosión, hasta 1 psi a una distancia de 482.24 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformará el área de trasvase de combustible son inevitables, ya que en un radio de 22 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 22 m y hasta los 482.24 m que es el límite de la ZAR se afectarán las naves industriales pertenecientes al Parque Industrial Ferropuerto Laguna, donde se espera el colapso de estructuras civiles y mecánicas, principalmente. Para esta zona, las afectaciones esperadas en seres humanos son 100% de fatalidades en las personas que se localicen a menos de 100 m ya que los niveles de sobrepresión (mínimo 10 psi) son suficientes para causar la muerte en personas por rotura

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 32 de 37

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

La ZA que tiene valores que van desde 1 psi a una distancia de 482.24 m hasta 0.5 psi a una distancia de 819.72 m, las afectaciones esperadas en infraestructura radican únicamente en daños parciales de su integridad física (daños en marcos de puertas y ventanas y cristales rotos); en las personas, los daños incluyen solo molestias por el ruido sin causar afectaciones graves en los mismos.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 33 de 37

II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

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

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

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

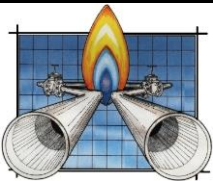
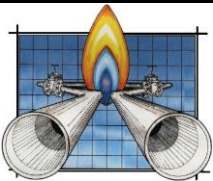
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 34 de 37

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

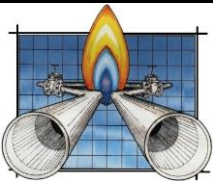
Aspectos Bióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Vegetación terrestre:</u> La generación de un incendio dentro del Sistema Ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados poco significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en una zona industrializada donde no existe la presencia de vegetación natural, sin embargo, los radios de afectación en algunos casos trascienden más allá de los límites del parque industrial donde existe vegetación halófila, lo cual favorece que en caso de un incendio esta vegetación tienda a incendiarse rápidamente provocando incendios forestales significativos. Así mismo, es importante mencionar que la vegetación, al ser factor biótico (organismos que tienen vida), tenderá a morir por los niveles de radiación que serán generados por el incendio, lo cual impactará negativamente en la calidad del paisaje del Sistema Ambiental, sin embargo, esto es considerado como un impacto reparable con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación.	Reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna silvestre del Sistema Ambiental son poco nulas en caso de generarse un incendio durante la operación de la terminal de trasvase, toda vez que, al incidir el proyecto dentro de una zona industrial, la fauna ha sido desplazada fuera de los límites de la zona, hacia las zonas no perturbadas existentes en el Oriente del proyecto.	Ninguno

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

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Clima:</u> La generación de una explosión no confinada producto de la fuga de combustible y formación de la nube explosiva, no causará ninguna modificación en las condiciones climáticas del Sistema Ambiental del proyecto.	Ninguno

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 35 de 37

Aspectos Abióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Geología y Geomorfología:</u> Si bien, el proyecto incide en suelo tipo Aluvial, los niveles de sobrepresión generados en una explosión no confinada de las características planteadas en cada escenario de riesgo, serán lo suficientemente altos para formar un cráter en el suelo en un radio no mayor a 25 metros (máximo de los escenarios), lo cual significa que la afectación al suelo será inminente, mismo que será desplazado por las sobrepresión generada por la explosión ocasionando un impacto directo y puntual a las características geológicas del lugar y no se propagará en todo el Sistema Ambiental del proyecto, sin embargo, lo anterior podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales.	Reparable
<u>Suelos:</u> Al igual que en la Geología, en caso de generarse una explosión no confinada producto de la fuga de combustible, la formación de un cráter en el suelo es inminente dados los niveles de sobrepresión que serán generados (más de 400 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, que en su mayor parte es del tipo Regosol, caracterizado por ser suelos poco profundos, por lo que en caso de la formación de un orificio en el suelo, este será desplazado y arrancado de su formación original, sin embargo, esto será de manera puntual únicamente y no se propagará en todo el Sistema Ambiental, además de que esto podrá ser reparado con la aplicación de medidas de restauración de impactos, con lo cual se pueden regresar las condiciones del suelo a sus características originales	Reparable
<u>Hidrología superficial y subterránea:</u> De acuerdo a la localización de la terminal de trasvase no se afectarán cuerpos de agua superficiales, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de una explosión.	Ninguno

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 36 de 37

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

Aspectos Bióticos	
Componente del SA	Nivel de Impacto (Catastrófico, grave, significativo, reparable o ninguno)
<u>Vegetación terrestre:</u> La generación de una explosión no confinada dentro del Sistema ambiental del proyecto, conlleva a efectos que pueden ser considerados poco significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en una zona industrializada donde no existe la presencia de vegetación natural, sin embargo, los radios de afectación en algunos casos trascienden más allá de los límites del parque industrial donde existe vegetación halófila, pero a esta distancia los niveles de sobrepresión no causan ningún tipo de afectación a la vegetación, por lo que se considera que en caso de una explosión no confinada no se causará ningún tipo de afectación a la vegetación natural del sistema ambiental.	Reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la terminal de trasvase, toda vez que, ésta se localizará en su totalidad dentro de una zona con alta actividad industrial, donde la fauna ha sido desplazada hacia las zonas alejadas del ruido y del movimiento de vehículos pesados, como puede ser la sierra de las Noas localizada al oriente del proyecto, por lo que solo se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es baja dadas las condiciones y solo será de manera puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.	Ninguno

En el caso de los efectos sobre la salud humana producto de un Pool Fire, es la mortalidad de las personas que se expongan a la radiación por periodos prolongados de tiempo; la máxima radiación obtenida en los escenarios de simulación fue de no más de 500 kW/m² es suficiente para causar la muerte de personas si estas se exponen a la radiación por más de un minuto, sin embargo para que esto suceda, las personas deben estar contiguas al Pool Fire ya que a mayor distancia de la fuente de calor, la radiación tiende a disminuir. En el caso de la explosión no confinada, los valores máximos obtenidos son suficientes para causar la muerte instantánea en las personas que se localicen dentro de las ondas de expansión de sobrepresión de manera directa, aunque de manera indirecta se puede

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Trasvase de Petrolíferos en Torreón, Coah. Municipio de Torreón, Coah.	CAPITULO	II
		FECHA	Abril del 2018
		HOJA:	Pág. 37 de 37

esperar la afectación en la integridad física de las personas por el derrumbe de casas o instalaciones civiles que se localicen dentro de los radios de afectación por sobrepresión.