	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 57

Índice

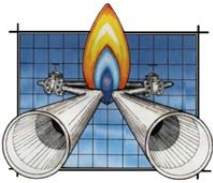
I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO	2
I.1 BASES DE DISEÑO.....	2
I.1.1 Proyecto Civil	7
I.1.2. Proyecto Mecánico	13
I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio	15
I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO	19
I.2.3. Pruebas de Verificación	26
I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	27
I.3.1. Especificación del cuarto de control	29
I.3.2. Sistemas de aislamiento	30
I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	32
1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes.....	32
I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización	34

Índice de Figuras

Figura I. 1 Diagrama general de Flujo operativo de la TAS Tula.....	29
---	----

Índice de Tablas

Tabla 1 Capacidades de los tanques de almacenamiento.....	24
Tabla 2 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.	37
Tabla 3 Nodos Seleccionados.....	39
Tabla 4 Consecuencias (en forma descriptiva).	40
Tabla 5 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.....	41
Tabla 6 Matriz de riesgos.	42
Tabla 7 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.....	43
Tabla 8 Descripción de las fallas de mayor riesgo.	48
Tabla 9 Fallas con repercusiones al ambiente (fuga de combustible).....	52
Tabla 10 Valor de probabilidad de ocurrencia de fallas.....	55
Tabla 11 Descripción de escenarios.....	57

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 57

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1 BASES DE DISEÑO

A) Infraestructura de entrada a la terminal.

La Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Tula, conforme a lo establecido en la NOM-EM-003-ASEA-2016, contará con la siguiente infraestructura:

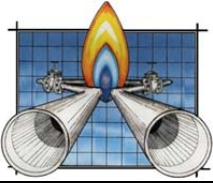
- Conexión de descarga de Auto-tanques en el área de islas para descarga de productos Gasolinas y Diésel.
- Válvulas motorizadas en líneas para paro de emergencia local o remoto.
- Sistemas de medición.
- Subestación eléctrica.
- Sistema de contraincendios.
- Generador Eléctrico de emergencia.
- Sistema de aire de instrumentos.
- Iluminación en las áreas operativas, perimetrales, pasillos y áreas de trabajo.
- Barda perimetral.

Para mayor detalle, Ver Planos del Proyecto en **Anexo 1**.

B) Almacenamiento de Productos.

La TAS tendrá una capacidad de Almacenamiento de 2 000 000 barriles de petrolíferos, los diez (10)m tanques requeridos contarán con los siguientes aspectos:

- Diseño y construcción de acuerdo a API 650.
- Tanques de techo fijo con membrana interna flotante (para tener la flexibilidad de usar cualquier tanque para los productos).
- Alarmas de alto y alto-alto con sistemas independientes de conexión y redundancia al PLC.
- Transmisores de temperatura a diferentes niveles del Tanque.
- Sistemas de válvulas motorizadas de entrada y salida para paro de emergencia.
- Sistema de red contra incendio de acuerdo a códigos NFPA, ASEA (NOM-003-ASEA-2016) y CRE.
- Sistemas de líneas de monitoreo de control de inventarios.
- Sistemas de drenado y vaciado Total en caso que se requiera hacer un cambio de servicio.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 57

C) Infraestructura de salida a la terminal.

La salida de la terminal de almacenamiento y suministro Atotonilco de Tula será a través de un rack de llenaderas de Auto-anque con capacidad de 100 000 – 120 000 BPD (Barriles de Petróleo Diarios), para esto se requiere la siguiente infraestructura:

- Área de carga de Auto-tanques.
- Sistema de bombeo por cada producto.
- Sistema de medición.
- Unidad recuperadora de vapores.
- Válvulas motorizadas en líneas para paro de emergencia local o remoto.

Además, la TAS contará con un rack de llenaderas de Carro-tanques con capacidad de 60 000 – 126 000 BPD, para esto se requiere la siguiente infraestructura:

- Área de carga de Auto-tanques.
- Área de carga de Carro-tanques.
- Sistema de bombeo por cada producto.
- Sistema de medición.
- Unidad recuperadora de vapores.
- Válvulas motorizadas en líneas para paro de emergencia local o remoto.

D) Sistema de inyección de aditivos y marcadores.

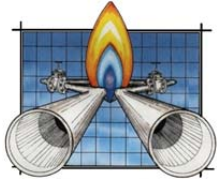
Se contará con el equipo necesario para el manejo, almacenamiento y distribución de los siguientes:

- Marcadores de Gasolinas.
- Marcadores de Diésel.
- Lubricidad y conductividad.

E) Sistema de Seguridad

Se contará con el equipo necesario para los siguientes sistemas:

- Sistema de detección:
 - Detectores de fuego tipo triple infrarrojo 3IR, ya que presentan alta inmunidad a radiación continua o pulsante.
 - Detectores de Gas combustible (Mezclas Explosivas)
 - Detectores de Humo

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 57

- Sistemas de Alarmas audibles y visibles.
- Sistema de protección complementario:
 - Extintor de polvo químico seco Tipo ABC.
 - Extintor portátil
 - Letreros de Seguridad
 - Conos de Viento
 - Regaderas y Lavaojos
 - Detectores de Humo

Los sistemas de detección, intercomunicación, alarmas y voceo, son responsabilidad de las disciplinas de Instrumentación y Eléctrico.

F) Normatividad, Códigos y Estándares de diseño.

Las normas aplicadas para la TAS, 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):

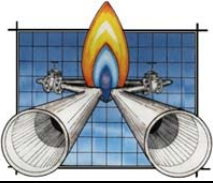
- NOM-001-SEMARNAT-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización).
- NOM-002-STPS-2000 Condiciones de seguridad, prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
- NOM-EM-003-ASEA-2016 Especificaciones y criterios técnicos de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente para el diseño, construcción, pre-arranque, operación y mantenimiento de las instalaciones terrestres de almacenamiento de petrolíferos, excepto el Gas Licuado de Petróleo.
- NOM-006-STPS-2014 Manejo y almacenamiento de materiales-Condicion es de seguridad y salud en el trabajo.
- NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 57

- NOM-016-CRE-2016 Especificaciones de calidad de petrolíferos.
- 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-Condicionen 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-RP-520 Sizing, Selection, and installation of pressure-relieving Devices in refineries.
- API-521 Pressure-relieving and depressuring systems.
- API-594 Dual Plate Check Valves.
- API-599 Metal Plug Valves-Flanged, threaded, and Welding Ends.
- API-600 Cast Steel Valves.
- API-602 Gate, globe and Check Valves for sizes DN 100 (NPS 4) and smaller for the petroleum and natural gas industries.
- API-609 Butterfly valves, Double-flanged, lug-and wafer-type.
- API-610 Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries.
- API-623 Steel Globe Valves- Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets.
- API-650 Welded steel Tanks for oil storage.
- API-653 Tank Inspection. Repair, alteration, and construction.
- API-682 Pumps – Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps.
- API-2000 Venting Atmospheric and low-pressure storage tanks.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 6 de 57

- API-2610 Design, Construction, Operation, Maintenance and inspection of terminal & Tank facilities.

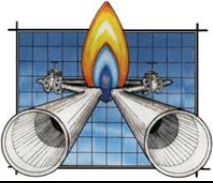
National Fire Protection Association (NFPA)

- NFPA Fire Protection Handbook.
- NFPA 10 Portable Fire Extinguishers.
- NFPA 11 Standard for Low, Medium and High Expansion Foam.
- NFPA 13 Installation of Sprinkler Systems.
- NFPA 14 Standard for the installation of standpipe and hose systems.
- NFPA 15 Standard for water spray fixed systems for Fire Protection.
- NFPA 16 Standard for the installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-water Spray systems.
- NFPA 20 Installation for Stationary Pumps for Fire.
- NFPA 22 Standard for Water Tanks for private Fire Protection.
- NFPA 24 Standard for the installation of private fire Service Mains and their Appurtenances.
- NFPA 25 Standard for the inspection, testing and Maintenance of water-based fire protection systems.
- NFPA 30 Flammable and Combustible Liquids Code.
- NFPA 70 National electrical code", 2008 ed.
- NFPA 72 National Fire Alarm and Signal Code.
- NFPA 704 TERMINAL Normativo para la identificación de los peligros de Materiales para respuestas de Emergencias.
- NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.

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.

Para mayor detalle, Ver Bases de Diseño en **Anexo 2.**

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
	Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		FECHA	Febrero del 2018
			HOJA:	Pág. 7 de 57

I.1.1 Proyecto Civil

Mecánica de suelos

Gas Natural del Noroeste, S.A. de C.V., realizará 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.

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 que será realizado.

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

Las actividades de esta etapa consistirán en: excavar zanjas para las tuberías de recepción de los combustibles dentro del predio de proyecto, tender los ductos de recibo y distribución de combustibles hacia los tanques de almacenamiento, colocar plantillas de arena, manejar, alinear y bajar tuberías, soldar y parchar uniones de tuberías, doblar e instalar curvas, realizar pruebas hidrostáticas, lleva a cabo rellenos y acarreos, lastrar tuberías donde se requiera, instalación de estaciones de inicio y llegada, de válvulas, de estaciones de regulación y medición, válvulas de control de presiones.

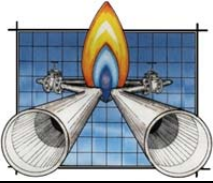
Además, se realizará la obra civil, mecánica y eléctrica de las instalaciones para almacenar los combustibles y las áreas de servicios, que son: preparación del sitio para las terminales de almacenamiento (tanques), construir la barda perimetral, preparar terracerías, construir diques y cimentación de tanques, construir los tanques, así como las áreas de servicio y los sistemas necesarios, construir las edificaciones de la TAS, las llenadoras para Autotanques y Carro tanques, la estación de bombeo-suministro de combustibles, con su equipo de recuperación de vapores y medición de salida.

Colocación de acero de refuerzo

El habilitado y colocación de acero de refuerzo en banquetas, guarniciones, edificios, bases, cimentación de tanques, 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, edificios, bases, cimentación de tanques, etc., se realizará de acuerdo a la resistencia indicada en el proyecto.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 57

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 llenadoras, la resistencia del concreto y la colocación de acero de refuerzo, que estarán determinadas por las especificaciones del proyecto.

Pisos de concreto asfáltico

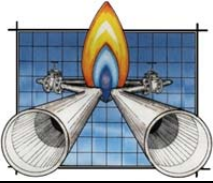
Se instalarán en calles interiores de la terminal, estacionamiento y calles perimetrales, sus dimensiones serán de acuerdo a proyecto.

Cimentación de tanques

Las dimensiones de excavación del muro anular (redondel) estarán de acuerdo a las especificaciones de proyecto. El habilitado y colocación de acero de refuerzo, número de varillas, diámetros, resistencia, etc., será de acuerdo a las especificaciones de proyecto.

El habilitado y colocación de cimbra de madera o metálica del redondel, será de acuerdo al proyecto. La resistencia en la elaboración y vaciado de concreto, así como el espesor y altura del redondel, será el indicado en el proyecto.

El muro anular de concreto (redondel) se construirá con el propósito de repartir la carga concentrada de la pared cilíndrica, facilitar la construcción del tanque, proteger el terraplén durante y después de la construcción, y aislar el fondo de la humedad. El muro deberá descansar sobre suelo compactado, y

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
			FECHA	Febrero del 2018
	Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		HOJA:	Pág. 9 de 57

ser dimensionado de tal forma que la presión de contacto en la parte inferior sea aproximadamente igual a la presión actuante en el relleno confinado a la misma profundidad.

El fondo del tanque descansará sobre un terraplén, cuya altura se fijará en función de la magnitud de los asentamientos totales esperados y de la posibilidad de inundación de la zona; en ningún caso esta altura será inferior a 30 centímetros sobre el nivel circulante. El terraplén se construirá después de sustituir el material superficial indeseable por un material libre de materias orgánicas y productos corrosivos (de acuerdo al proyecto), cuyas condiciones de compactación cumplirán con las especificaciones del proyecto.

Los 10 centímetros superiores del terraplén serán constituidos por arena limpia gruesa, grava o piedra molida, con tamaño de partícula de 1 a 2.5 centímetros o lo que indique el proyecto. Este estrato se estabilizará con un producto asfáltico para poder dar a la superficie de apoyo la forma adecuada, dando una ligera pendiente a la superficie de apoyo del centro hacia la periferia, con objeto de compensar los asentamientos diferenciales y facilitar el lavado y la remoción de sedimentos del tanque.

Fondo de los tanques

Todos los tanques de almacenamiento contarán con una geo membrana en el fondo para asegurar la no contaminación del subsuelo ante una fuga.

Se controlará la colocación de las placas apegándose al plano de armado del fabricante, ya que una mala distribución en el fondo, ocasionaría que no se cubra el área requerida, que no den los traslapes especificados y que no se tenga la proyección de la ceja exterior del fondo de lo especificado.

Las juntas radiales de las placas anulares del fondo deben soldarse a tope, debiendo tener fusión y penetración completas. La solera de respaldo debe ser compatible para mantener unidas con soldadura las placas anulares.

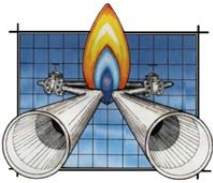
Las placas del fondo traslapadas serán soldadas solamente por la parte superior con soldadura de filete continuo en todas sus costuras, iniciando del centro hacia la periferia, esto con el fin de evitar calentamiento y abolsamiento en el fondo.

Para placas del fondo ya sean anulares o no, con espesores de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") y menores, excluyendo cualquier tolerancia por corrosión, la fijación entre la orilla inferior del primer anillo de la envolvente y la placa del fondo debe hacerse soldando un filete completo continuo a cada lado de la placa envolvente.

El tamaño de cada soldadura, excluyendo cualquier tolerancia para corrosión, no debe ser mayor de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ "), ni menor que el espesor nominal de la placa más delgada por unir.

Cuerpo de tanques

La secuencia de colocación de las placas del cuerpo se realizará de tal forma que se asegure la verticalidad del tanque.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 10 de 57

Se iniciará el montaje de las placas del primer anillo, utilizando los herrajes adecuados para la erección y asegurar la verticalidad requerida, la cual será revisada para evitar desplomes desde el inicio del montaje.

La soldadura de las juntas verticales en la envoltura debe ser a tope con penetración y fusión completas, como las obtenidas por doble soldadura o por otro medio que pueda obtenerse con la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre el interior o exterior de las superficies soldadas que reúnan los requisitos de los procedimientos, y no se permitirá proceder a levantar otros anillos, con las placas punteadas.

Se iniciará el montaje de las placas del segundo anillo, revisando su verticalidad antes de iniciar las soldaduras de las verticales al 100% y así sucesivamente hasta terminar el montaje del cuerpo.

El control de las soldaduras se llevará adecuadamente para que el tanque quede con la redondez y verticalidad requerida, esto es, soldando al 100% las verticales de cada anillo, sin haber montado el siguiente, y efectuando dichas soldaduras en posición de 180 grados, para ir distribuyendo los esfuerzos.

Las soldaduras horizontales entre anillos se efectuarán al tener montados los anillos que conforman el cuello del tanque, haber revisado la verticalidad de éstos y distribuido el desplome (si lo hubiera) que no sea mayor de 1/200 de la altura total del tanque.

Se procederá a montar la estructura interior del tanque, de acuerdo a los materiales y sus especificaciones descritas en los planos del fabricante.

Techo de tanques

Todos los tanques contarán con techo fijo y membranas flotantes en su interior. Se colocará el ángulo de coronamiento en la parte superior del tanque, montando sobre éste los largueros, vigas, etc. que soportarán las placas del techo.

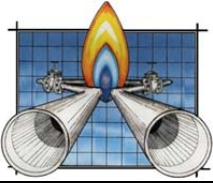
La colocación de las placas del techo se hará siguiendo la secuencia de armado marcada en los planos del fabricante.

Las placas del techo deben soldarse por su parte superior con soldadura continua de filete completo en toda la costura.

Las placas del techo deben fijarse al ángulo superior del tanque con una soldadura de filete continuo solamente en su parte superior.

Las secciones del ángulo superior para techos auto-soportados deben unirse con soldadura a tope que tengan fusión y penetración completas.

Los accesorios en el techo como son escotillas de medición venteos, entradas hombre, etc., se instalarán al tener armado el tanque.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
			FECHA
		HOJA:	Pág. 11 de 57

Membrana interior

Los tanques de techo fijo se les acondicionarán una membrana interna flotante (de aluminio), con espesor determinado por el diseñador.

Accesorios

Los accesorios tales como boquillas, escotillas de medición, etc., que lleve el tanque, deberán colocarse cuando este haya sido soldado al 100%.

Recubrimiento anticorrosivo

Una vez terminado el armado del tanque al 100% se iniciará la limpieza con chorro de arena a metal blanco tanto por el interior como por el exterior del tanque.

La limpieza con chorro de arena es el método más eficaz para preparar superficies y promueve una buena adherencia del material anticorrosivo.

Aplicación de recubrimientos.

Durante la aplicación hay que tomar en cuenta las siguientes precauciones:

- Suspender si la temperatura está debajo de 10 grados centígrados, si la superficie está húmeda por efecto de la lluvia o por condensación de la humedad.
- Si la superficie fue preparada por medio de chorro de arena, el recubrimiento no deberá de aplicarse después de 3 horas de efectuada la limpieza. En estructuras muy grandes como son los tanques, esto es posible, sin embargo, hay que aplicarla lo más pronto posible para evitar el ataque corrosivo porque queda la superficie muy activa.
- La aplicación puede ser hecha a base de rodillo, brocha o por aspersión. Ésta última es la más utilizada para los tanques de almacenamiento.

Selección del sistema anticorrosivo

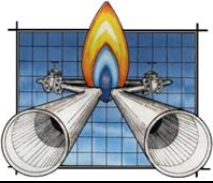
Los sistemas utilizados son muy variados. Se tienen recubrimientos primarios que están encaminados a la obtención de una buena adherencia con el metal, inhibir la corrosión y dar una superficie áspera para la aplicación del acabado.

El acabado representa la capa exterior del sistema que está en contacto con el medio ambiente, promueve la impermeabilidad del sistema y la resistencia al medio corrosivo.

Los enlaces, son recubrimientos que dan compatibilidad de adherencia entre un primario y un acabado.

La supervisión del recubrimiento contempla la supervisión de la limpieza, la supervisión de la aplicación y la supervisión posterior a la aplicación.

La supervisión posterior a la aplicación considera el tiempo de secado, la apariencia, la cual debe de estar libre de grumos y deformaciones, el espesor de la película seca, adherencia y por último, la prueba de continuidad de película certificada con los aparatos holiday.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 12 de 57

Todos los tanques contarán con protección catódica.

Inspección técnica

La inspección técnica de un tanque deberá de llevarse a cabo tanto por el interior como por el exterior. Las herramientas de inspección necesarias son:

Medidor de profundidades, Calibrador de interiores, Calibradores mecánicos, Martillo de Inspector, Navaja, Libreta de Notas, Crayón o pintura, Lámpara de mano, Regla y Escuadra, una Plomada, Calibradores ultrasónicos y detectores de fallas, Equipo de partículas magnéticas, Líquidos penetrantes, Medidor de resistencia eléctrica del suelo y tanque "Megger", Equipos de radiografías industriales, Medidor de espesores de película seca, Equipo de limpieza, Tránsito, Caja de vacío y Equipo de vacío para prueba de fondo, Equipo respiratorio y Equipo de protección personal.

Cerca, entrada y caseta de seguridad

El cercado de seguridad marcará un límite visible alrededor de la propiedad. En estas terminales las cercas estarán construidas de mampostería con columnas de concreto intermedias. El propósito de las mismas es desalentar a personas no autorizadas de entrar a la terminal. Dos entradas de peatones y para vehículos serán instaladas en la entrada principal de la terminal. Las casetas de seguridad serán instaladas en la entrada principal para permitir a los guardias de seguridad revisar vehículos, la carga y personas a bordo, así como a los peatones que vayan a ingresar.

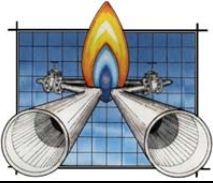
Por último, se instalarán las áreas verdes, conforme al proyecto de áreas verdes que se desarrolle al final del proyecto, considerando especies nativas de la zona, y respetando todas las que se puedan que ya se encuentran en lo que serán los espacios destinados a estas áreas verdes.

Almacenamiento de combustibles (tanques)

Se iniciará con el movimiento de tierras y rellenos hasta construir la barda perimetral, para continuar con las granjas de tanques, que involucran desde la cimentación de los mismos, hasta las paredes de sus diques, sus estructuras de acero, sus pruebas hidrostáticas, calibración y su pintura interior y exterior.

Se realizarán caminos internos de concreto y asfalto, se levantarán los edificios y almacenes para oficinas, mantenimiento, vigilancia, control, seguridad, así como sanitarios. Se instalarán los soportes para tuberías y auto tanques, se construirá el sistema principal de tuberías, para posteriormente construir los sistemas contra incendio y de drenajes de la terminal. Se construirá el sistema de llenadoras para los Autotanques y Carro tanques.

Se realizará una instalación eléctrica completa. Se instalará una unidad de recuperación de vapores y sistemas de tratamiento de aguas y servicios, así como las facilidades necesarias para mantenimiento y laboratorio.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 13 de 57

Pruebas de hermeticidad

Estas pruebas comprueban la integridad de tuberías, tanques, accesorios, etc., de combustibles en toda la TAS y se efectúa de acuerdo a la NOM-EM-003-ASEA-2016 y el código API-650.

Durante la prueba hidrostática de las tuberías se utilizará agua como medio de prueba. La cantidad a utilizar será el volumen de las propias tuberías de la terminal entre dos Válvulas de Seccionamiento, para luego reutilizarse en el siguiente tramo entre las siguientes dos Válvulas de Seccionamiento, hasta terminar con todas las tuberías de la terminal.

El agua no sufre ninguna alteración en su composición, pero ésta contendrá muy probablemente una mayor cantidad de sólidos disueltos y/o en suspensión (tierra) por lo que se hubiera podido acumular dentro de la tubería durante su instalación, y al acabar la prueba se buscará en el entorno inmediato quién pueda aprovecharla para que se le suministre, o bien se utilizará para el riego de las áreas con vegetación natural del entorno y se reintegre a la hidrología de la zona.

Limpieza y arranque

Una vez concluida la construcción completa de la TAS, 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.

Para mayor detalle, Ver Memoria Técnico Descriptiva (MTD) en **Anexo 3**.

I.1.2. Proyecto Mecánico

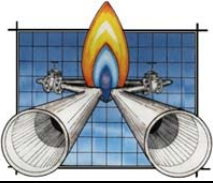
Materiales de construcción.

Para la realización de esta obra deberán considerarse las especificaciones de fabricación y las propiedades de los materiales que se encuentran comprendidas en el conjunto de normas de en las normas y referencias que marque la regulación mexicana y las referencias internacionales de los Códigos ASME, ASTM, API, ANSI, AWS, etc., aplicando el Código ANSI en el interior de las TAS y en las instalaciones superficiales en general.

Válvulas de esfera.

Válvulas esféricas de paso completo y continuado, con bridas 150 ANSI, R.F. según especificación MSS-SP-44, con cuerpo integral soldado o ensamblado según fabricante con autorización vigente de American Petroleum Institute para uso del monograma API-6D (no se aceptan válvulas de fabricantes sin registro del API-6D), suministradas con pintura exterior anticorrosiva conforme a la especificación a los estándares o códigos internacionales que apliquen.

Materiales de fabricación :Cuerpo y esfera de acero al carbón fundido ASTM-A-216, grado WCB, de acero al carbón forjado ASTM-A-105 o a partir de placa de acero al carbón ASTM-A-515 o 516, grado

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
			Pág. 14 de 57

70; brida de acero al carbón ASTM-A-105; vástago y muñón de acero 17-4PH, AISI-4130 ó 4140; anillo de asiento de acero inoxidable 316; insertos del cuerpo de la válvula de nylon ó teflón; sellos del cuerpo de la válvula de teflón; empaquetadura del vástago de teflón, marca Walworth, Camerón, Fipsa o similar, con actuador rotatorio eléctrico montado y probado en planta por el fabricante de las válvulas.

Actuadores.

Cada actuador deberá contar con una brida de acoplamiento para montaje directo sobre el vástago de la válvula esférica, a fin de evitar empujes laterales que dañen el interior de la válvula, así como todos los accesorios y aditamentos para operación del actuador en forma local y un sistema operativo para actuación remota desde tablero de control de las estaciones de bombeo, dispositivo de transferencia de mando y las facilidades de control para un paro de emergencia.

Válvula macho.

Fabricada de acero al carbón fundido especificación 150 ANSI, R.F. para 4" de diámetro y mayores.

Válvulas para tomas de presión.

Fabricadas en clase 150 (380 psig A 100 grados F) de acero forjado ASTM-A-105, para 1 ½" de diámetro y mayores.

Válvulas para instrumentos.

Fabricadas de globo tipo aguja de acero al carbón formado ASTM-A-105, para 1 ½" de diámetro y mayores.

Bridas.

Todas serán clase 150 ANSI, R.F. de acero al carbón forjado ASTM-A-105, de 2" a 30" de diámetro con cuello para soldar dimensionadas de acuerdo con ANSI B 16.5.

Conexiones soldables (codos, tees, reducciones, etc.).

Fabricadas de 2" a 30" de diámetro de acero al carbón ASTM-A-234, grado WPB cédula 20 como mínimo.

Conexiones de embutir.

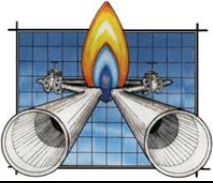
Conexiones para soldar (SW) de acero al carbón forjado ASTM-A-105, 400 libras WOG, para 1 ½" de diámetro y menores.

Insertos.

Weldolets de acero al carbón forjado ASTM-A-105, todos los diámetros.

Bridas de anclaje.

Bridas de acero al carbón forjado ASTM-A-105 Ó MSS-SP-44, grado F-60.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 15 de 57

Tubería instalaciones superficiales.

Para superficiales ASTM-53, grado B o A-106, grado B, para 1" de diámetro y menores con extremos planos y para 2" de diámetro y mayor con extremos biselados para soldar, de 10" de diámetro y menor de deberá ser sin costura.

Empaques.

Para uniones bridadas de espirometalicos tipo CG o similar, todos los diámetros.

Espárragos.

De acero al carbón ASTM-A-197, grado B- 7 con dos tuercas hexagonales cada uno de acero al carbón ASTM-A-194, grado 2H, todos los diámetros y longitudes.

Manómetros indicadores de presión para montaje local.

Provistos con carátula blanca de 4 ½" de diámetro, caja fenólica. Anillo roscado, elemento de presión tipo Bourdon de acero inoxidable 316, con conexión inferior a proceso de acero inoxidable 316 de 1 1/4" N.P.T. o similar.

Unión aislante.

Tipo monoblock especificación 150 ANSI o similar modelo 1K, con resistencia eléctrica medida con 1 000 V de corriente directa de 40 mega ohms en promedio y resistencia dieléctrica a la tensión de perforación entre 15 000 y 2 000 Volts para instalarse en tubería API-SPC-5L, grado X-42 o grado B.

Para mayor detalle, Ver Memoria Técnico Descriptiva (MTD) en **Anexo 3.**

I.1.3. Proyecto Sistema Contra-Incendio

A) SISTEMA DE CONTRA INCENDIO

El sistema de agua contra incendio estará integrado con los equipos necesarios para sostener una red de agua contra incendio de 12" a 16" de diámetro la cual siempre permanece presurizada a 7 kg/cm², para asegurar la integridad de la red y en caso necesario de atender algún evento no deseado, las bombas del sistema contra incendios deberán ser especificadas de acuerdo al NFPA 20.

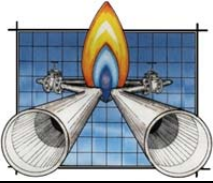
Almacenamiento de agua.

Contará con 1 tanque con capacidad de 55 000 barriles, lo cual permite atender cualquier evento por un tiempo de 4 horas. El tanque debe ser construido de acuerdo a la norma NFPA 22.

La fuente de suministro de agua será a través de un pozo de captación de agua dulce y/o suministrado por medio de autotanques, lo cual quedará definido en la ingeniería de detalle.

Cabezales de bombas contra incendio.

- Las líneas de salida de tanques a cabezal de succión de bombas son de 20" de diámetro.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 16 de 57

- El cabezal de descarga de bombas es de 16" de diámetro reduciendo a 12" que es el diámetro nominal de toda la red contra incendio.

Equipo de bombeo principal y bomba jockey.

La bomba jockey es una bomba de 10 a 20 HP operada por un motor eléctrico de 480 Volts trifásico, tiene una capacidad de 40 a 50 gpm, tiene una presión máxima de descarga de 7.7 kg/cm² a 13 kg/cm², la capacidad será como se indica en el capítulo 4.26.3 de la NFPA 20.

Como equipo principal se cuenta con 2 bombas contraincendios de 5 000 gpm, las dos bombas serán impulsadas con motor de combustión interna, alimentado con combustible diésel, la presión máxima de descarga de cada una de ellas es de 165 psi aproximadamente; además que se contará con una bomba contra incendio de misma capacidad, será impulsada por motor de combustión interna alimentado con combustible diésel, cumpliendo como equipo de respaldo.

Filosofía operativa:

La operación de este sistema contra incendio será principalmente con la bomba jockey, la cual mantendrá presionada toda la red con una presión de 7 kg/cm², al llegar a esta presión la bomba jockey para. Cuando la presión en la red llega a bajar a 4 kg/cm² la bomba jockey arranca nuevamente. Y así será su función diariamente.

Para el caso de cuando se abre un hidrante y se abate la presión en la red hasta 2.5 Kg/cm², en ese momento arrancan de manera paralela las bombas principales. Cubriendo así de inmediato el requerimiento del o los hidrantes y sistemas que lo requieran.

Estas bombas tendrán su protección por alta descarga a 16 kg/cm².

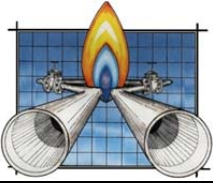
Se hace notar que después de actuado el sistema de bombeo principal, estos se tendrán que desactivar antes de cerrar los hidrantes.

Se hace notar que esta red contra incendio dará protección a las principales instalaciones de la planta como son:

1. Área de Descargaderas

Hasta el área de descargaderas llega el cabezal principal de la red C.I. de esta se deriva un cabezal de menor diámetro en el cobertizo de descargaderas, interconectándose entre ambas a través de líneas de enfriamiento los cuales harán su función a través de aspersores y atacando con espuma en dicha isla de descarga, haciendo su función de enfriamiento de autotankes y ataque de cualquier caso de incendio con espuma AFFF, en caso de algún evento en esta área.

Estas líneas permanecerán secas y solo serán inundadas cuando el sistema sea activado por un sistema de detección de calor la cual toma agua de la red C.I y mantiene cerrada la válvula de diluvio, Estos detectores de calor se ubican en una línea presurizada con agua de la propia red la cual se ubica encima de cada isla de descarga, cuando estos se funden al ser expuestos a temperaturas de 57° C, habilitan así el sistema de enfriamiento de auto tanques.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 17 de 57

De manera alterna alrededor del cobertizo se dispondrá de monitores 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.

2. Área de almacenamiento de productos

Los tanques de almacenamiento dispondrán de anillos de enfriamiento, cada anillo estará seccionado en cuatro cuadrantes, los cuales harán su función a través de aspersores.

De igual manera dichos tanques dispondrá de cámaras de espuma para sofocar el fuego que se llegase a producir en el tanque.

Dicho sistema será alimentado a través de un tanque que contendrá espuma AFFF¹, este tomará agua de la propia red contra incendio (C.I.) para formar dicha espuma.

Este sistema será activado por un sistema de fusibles instalados en una línea la cual toma agua de la red C.I. y mantiene cerrada la válvula de diluvio que bloquea el paso al sistema de agua para formar espuma.

Los detectores de calor se ubicarán alrededor de los tanques los cuales se funden al ser expuestos a temperaturas de 57°C, habilitando así el sistema de espuma dentro del tanque, a través de las cámaras de espuma.

De manera alterna alrededor de los diques se dispondrá de monitores, los cuales estarán habilitados con equipos formadores de espuma para el caso de tener fuego dentro del dique.

3. Área de Carga de Ferrocarril

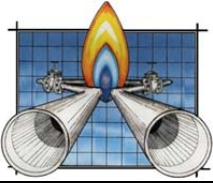
Se tiene una red de 12" tanto interna como externa, la cual dispondrá de monitores para atender cualquier eventualidad en esta área; de aquí mismo se tomará un cabezal de 8" el cual tendrá aspersores de ½" de diámetro, el cual servirá para enfriamiento de carro tanques en la carga, el cual se verá en ingeniería básica y detalle.

4. Área de llenaderas

Hasta el área de llenaderas llega el cabezal principal de la red C.I. de esta se deriva un cabezal de menor diámetro en el cobertizo de llenaderas, interconectándose entre ambas a través de líneas de enfriamiento los cuales harán su función a través de aspersores, haciendo su función de enfriamiento de autotanques en caso de algún evento en esta área.

Estas líneas permanecerán secas y solo serán inundadas cuando el sistema sea activado por un sistema de fusibles la cual toma agua de la red C.I. y mantiene cerrada la válvula de diluvio, Estos fusibles se ubican en una línea presurizada con agua de la propia red la cual se ubica encima de cada isla de llenado, cuando estos se funden al ser expuestos a temperaturas de 57°C, habilitan así el sistema de enfriamiento de auto tanques.

¹ Aqueous Film-Forming Foam

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 18 de 57

De manera alterna alrededor del cobertizo se dispondrá de monitores 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.

El sistema de llenaderas contara con sistemas de inyección de aditivos de acuerdo a las especificaciones de los clientes y serán conectados a brazo de carga de Autotanques y Carro tanques.

Para mayor detalle, en el **Anexo 1** se incluye el plano correspondiente a la red contra incendios.

Sistema de supresión de agente limpio.

Se contará con un sistema de supresión de incendios, se complementan con elementos de detección, así como alarmas audibles y visibles para una adecuada notificación. Todo el conjunto de elementos de iniciación, notificación, supervisión y control.

Considerar dispositivos de detección y alarmas en las diferentes áreas de los Cuartos de Control y Site's (detección de humo, temperatura, mezclas explosivas y toxicas, hidrogeno, etc., así como la instalación de sus respectivas alarmas).

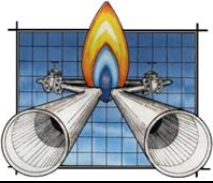
Para la protección de los Cuartos de Control y Site's será seleccionado un sistema de supresión de incendio a base de agente limpio, mismo que se evaluará en ingeniería básica que tipos de agente limpio se seleccionará.

B) SISTEMA DE DETECCIÓN DE HUMO, GAS Y FUEGO.

Se deberá implementar en las instalaciones, un sistema de detección y alarma que debe considerar humo, gas y fuego para monitorear, alertar y suprimir eventos y siniestros causados por fuga de gases tóxicos y mezclas explosivas de hidrocarburos y fuego.

Los elementos de este sistema deben corresponder a los que se determinen en la ingeniería del proyecto y al Análisis de Riesgo de la instalación, considerando los siguientes elementos de forma enunciativa y no limitativa:

1. Detector de humo;
2. Detector térmico;
3. Detector de fuego;
4. Detector de gas combustible;
5. Detector de gas tóxico, cuando la instalación preste servicio a la Recepción o Entrega de Petroquímicos;
6. Alarmas audibles y visibles;
7. Generador de tonos y/o mensajes;
8. Altoparlantes (bocinas);
9. Estaciones manuales de alarma;
10. Procesadores;

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 19 de 57

11. Fuentes de alimentación;
12. Tarjetas de entrada / salida;
13. Enlaces de comunicación, y
14. Software.

Los detectores de humo y sistemas de detección de gas inflamable en las áreas específicas determinadas, deben estar activados permanentemente y deben activar una alarma sonora y visual en el centro de control con vigilancia permanente de la terminal de Almacenamiento y, si es necesario, en la propia área.

Los detectores de fuego deben activar alarmas sonoras y visuales en el centro de control con vigilancia permanente de la Terminal de Almacenamiento.

Para el punto "10.6.7.2.1 Capacidad" de acuerdo a lo indicado en la NFPA 72, se debe considerar la fuente de alimentación secundaria que deberá tener capacidad de funcionamiento del sistema en régimen de que funciona en condición no armonizada, durante un mínimo de 24 horas y al final de ese período, deberá ser capaz de todos los aparatos de notificación de alarma utilizados para evacuar o para dirigir la ayuda a la localización de una emergencia por 5 minutos.

Para mayor detalle, Ver Memoria Técnico Descriptiva (MTD) en **Anexo 3**.

I.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROCESO

Los principales sistemas que integrarán la planta son los siguientes:

A) SISTEMA DE ENTRADA:

Área de Descarga por Auto-tanques.

Se recibirán un flujo máximo 110 000 -140 000 barriles por día, con diferentes productos. Se evaluará el tamaño/diámetro de las líneas de succión y descarga lo cual deberá ser aprobado por el equipo de proyecto.

Diez (10) Descargaderas donde se recibirán productos Diésel, Gasolinas Regulares, Premium y Turbosina.

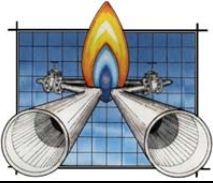
Para el caso de Turbosina, en el proceso de recepción y entrega, se debe contar con un sistema de filtración, con la funcionalidad de separación de sólidos y coalescencia de contaminantes de agua.

El movimiento operativo de recibo de producto será monitoreado a través de sistemas de interface hombre máquina para dar confiabilidad operativa al sistema de los principales parámetros del proceso, presión, nivel, flujo, temperatura, densidad etc.

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

Se diseñarán las islas de descarga para una operación eficiente y segura.

Sistemas de medición de recibo.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
	Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		HOJA: Pág. 20 de 57

La instalación para la recepción de Petrolíferos debe estar conformada por: brazo de descarga, válvulas de cierre rápido, sistema de tubería con filtro tipo canasta, bomba principal, tanque eliminador de aire, válvulas, conexiones, tuberías y/o mangueras, filtro tipo “y”, bomba auxiliar, válvula controladora de flujo, dispositivo para la eliminación de aire, medidor de flujo, densitómetro, como mínimo.

Se implementará la instrumentación necesaria para una descarga segura tales como: interruptores de paro por baja presión de succión o por alta presión de descarga, tierras físicas y válvulas de alivio por relevo térmico en cabezales.

Contará también con un juego de válvulas que permiten poner en serie el medidor con un medidor patrón para calibrar ambos sistemas de medición.

Los sistemas de medición deben cumplir con la regulación mexicana en materia de energía (Disposiciones Administrativas de carácter general de Medición para Almacenamiento de productos petrolíferos).

B) SISTEMA DE VÍAS:

Sistemas de vías de acceso a planta.

Mediante sistema de vías, se accesará de las vías principales de Ferromex & Kansas City Southern México al interior de la planta, 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 que transportarán el producto combustible diésel, gasolinas regulares y premium.

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 las empresas que le corresponda y en el interior de la planta por personal de la TAS, certificado y avalado, los cuales seguirán los procedimientos operativos internacionales para estos equipos.

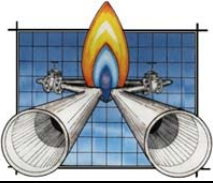
Sistemas de vías internas, tipo carrousell.

Este sistema de vías se integró de tal manera que permita aprovechar al máximo la configuración del terreno, así como el sistema de tuberías, para ejecutar en tiempo y forma el proceso de carga de productos hacia los carrotanques, el sistema de vías tendrá 2 Loops (Exterior e Interno) la capacidad total de albergar son 198 carrotanques, aproximadamente.

C) SISTEMA DE SALIDA (LLENADO DE AUTOTANQUES):

Casa de Bombas de llenaderas

El sistema de bombas hacia llenaderas estará integrado por bombas con capacidad de 1 200 GPM, aproximadamente; que suministrarán dichos productos anteriormente mencionados.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos		CAPITULO	I
	Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		FECHA	Febrero del 2018
			HOJA:	Pág. 21 de 57

En el área de llenaderas, despacharan los productos Diésel, Gasolinas Regulares, Premium & Turbosina.

Para su operación cada una de estas bombas serán controladas de manera remota por el controlador lógico programable (PLC) instalado en el patín de medición que le corresponda.

Cobertizo de Llenadera

Se construirá un cobertizo para albergar 20 islas de llenado.

Las islas de llenado serán adecuadas para auto-tanques de remolque sencillo y contarán con brazos de carga dobles para así poder llenar de forma simultanea los dos auto-tanques. Cada posición de llenado deberá operar con un flujo de 1 200 GPM (600 GPM por cada brazo de carga).

Se tendrán la flexibilidad de cargar cualquiera de los siguientes productos: Diésel, Gasolinas Regulares, Premium & Turbosina solo se podrá cargar un producto a la vez.

El sistema de medición y toma de muestra serán automáticos, el sistema incluirá conexiones de emergencia de separación automáticas y válvulas de exceso de flujo de emergencia en caso de que se rompa alguna conexión.

Las bombas centrifugas deberán ser diseñadas y construidas bajo API 610 y los sellos mecánicos bajo el API 682. Para el manejo de hidrocarburos altamente volátiles como la gasolina y aditivos se deberán considerar sellos mecánicos dobles.

Esta TAS tendrá la capacidad de despacho por auto-tanques de 120,000 barriles por día, aproximadamente.

El sistema de llenado de los auto-tanques será por el fondo, contando con protecciones de tierra segura.

El patín de medición que tiene cada isla de llenado está integrado por filtro tipo canasta, medidor de flujo de tipo coriolis, trasmisor de presión, trasmisor 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.

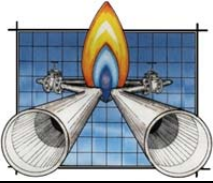
Toda la instrumentación y equipos arriba mencionados son controlados a través de un dispositivo de control, el cual integra y controla el proceso mencionado.

Para el caso las Gasolinas Regulares & Premium se tendrá un sistema de recuperación de vapores.

D) SISTEMA DE SALIDA (LLENADO DE CARROTANQUES):

Cabezal de carga de Carrotanques.

Se destina un área de carga la cual servirá para conectar 24 posiciones de llenado a Carrotanques, con capacidad de 700 barriles cada uno, se contará con cinco cabezales de carga, dos para gasolinas regulares, dos para gasolinas Premium y una más para diésel, todos los cabezales serán de un

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 57

diámetro de 14", la conexión hacia los carro-tanques será mediante brazos de carga y aditamentos especiales, permitiendo así un menor tiempo de carga del tren unitario.

Para el llenado de los Carrotanques se tendrá una filosofía de operación de llenado con las mismas bombas de llenado de Autotanques, del cabezal de descarga de las bombas de llenado de cada producto a suministrar, se derivarán dos líneas de descarga, una para el área de llenado de Autotanques y otra para el área de llenado o carga de Carrotanques de diferentes diámetros.

Se contará con la instrumentación necesaria para una carga segura tales como: interruptores de paro por baja presión de succión y por alta presión de descarga, tierras físicas, válvulas de alivio de presión y por relevo térmico en cabezales.

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

Andador superior para acceso a parte alta de Carrotanques.

Esta área de carga contará con un andador superior existente el cual permitirá que el operador mediante plataformas individuales deslizables, acceda de manera segura y ágil, a la parte superior de cada Carrotanque para efectuar sus actividades operativas pertinentes.

Se hace notar que de manera simultánea también se tendrá personal operativo en la parte inferior de los Carrotanques para efectuar los acoplamientos de cada Carrotanque.

Bombas de carga de ferrocarril.

El sistema de bombeo que se utilizará para la carga de los Carrotanques serán las mismas bombas de llenado de Autotanques. Para los cabezales de Diésel, Gasolinas Regulares, Premium & Turbosina se estiman de 1 200 gpm.

Se hace notar que cada 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 estos equipos será de manera manual, sus arrancadores cuentan con variadores de velocidad los cuales se encuentran vinculados a un PLC para que a través de estaciones de trabajo se operen de manera remota o a través de sus propios variadores de manera local.

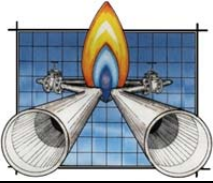
Se hace notar que esto permitirá que su operación sea controlada, permitiendo que el proceso de descarga sea seguro, iniciando en cada ciclo de descarga a un ritmo de bombeo bajo, tal como lo indica el procedimiento operativo de descarga.

Tuberías de carga.

Los cabezales de carga de Carrotanques se encuentran conectados mediante tubería del mismo diámetro (14") a la succión de cada bomba de carga.

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

Patines de medición de entrega.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 23 de 57

Los patines de medición, uno por cada posición de llenado a Carrotanque, integrarán el volumen total que se carga hacia el tren unitario, (Sistema de medición de transferencia de custodia).

Están compuestos por un filtro separador, un medidor tipo coriolis y una válvula de control de flujo.

Para el caso de Turbosina, en el proceso de recepción y entrega, se debe contar con un sistema de filtración, con la funcionalidad de separación de sólidos y coalescencia de contaminantes de agua.

Para el caso las Gasolinas Regulares & Premium se tendrá un sistema de recuperación de vapores.

Cuentan también con un juego de válvulas que permiten poner en serie el medidor con un medidor patrón para verificar que nuestro sistema de medición este midiendo correctamente.

Los sistemas de medición deben cumplir con la regulación mexicana en materia de energía (Disposiciones Administrativas de carácter general de Medición para Almacenamiento de productos petrolíferos).

E) INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO.

La TAS contará con:

10 Tanques de Almacenamiento de techo fijo con membrana interna flotante de capacidad de 200 MB para Almacenamiento de Diésel, Turbosina, Gasolinas Regular y Premium.

Además, contará con 1 Tanque de Relevo de capacidad de 10 MB.

La TAS almacenará el producto recibido por Autotanques y lo almacenará hasta que sea enviado por Autotanques y Carrotanques.

E.1 Almacenamiento de Productos.

La Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS), tendrá una capacidad de Almacenamiento de 2 000 000 barriles de petrolíferos, los tanques requeridos deberán contar con los siguientes aspectos:

- Diseño y construcción de acuerdo a API 650.
- Tanques de techo fijo con membrana interna flotante (para tener la flexibilidad de usar cualquier tanque para los productos).
- Alarmas de alto y alto-alto con sistemas independientes de conexión y redundancia al PLC.
- Transmisores de temperatura a diferentes niveles del Tanque.
- Sistemas de válvulas motorizadas de entrada y salida para paro de emergencia.
- Sistema de red contra incendio de acuerdo a códigos NFPA, ASEA (NOM-003-ASEA-2016) y CRE.
- Sistemas de líneas de monitoreo de control de inventarios.
- Sistemas de drenado y vaciado Total en caso que se requiera hacer un cambio de servicio.

E.2 Capacidades

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 24 de 57

Como ya se mencionó anteriormente, la TAS tendrá una capacidad de Almacenamiento de 2 000 000 barriles de petrolíferos, con los siguientes tanques:

Tabla 1 Capacidades de los tanques de almacenamiento.

Tanque	Producto	Capacidad Nominal (bls)
TV-101	Diésel	200 000
TV-102	Diésel	200 000
TV-103	Diésel	200 000
TV-201	Gasolina Regular	200 000
TV-202	Gasolina Regular	200 000
TV-203	Gasolina Regular	200 000
TV-301	Gasolina Premium	200 000
TV-302	Gasolina Premium	200 000
TV-303	Gasolina Premium	200 000
TV-401	Turbosina	200 000
TOTAL		2 000 000

Adicionalmente se contará con doce tanques horizontales para almacenamiento de aditivos, con capacidad total de 50 000 litros y un tanque Tansmix con capacidad para 10 000 Bls.

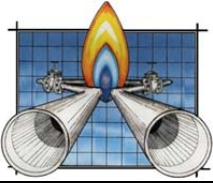
E.3 Sistema de contención de derrames.

Esta contención donde habitarán los tanques de almacenamiento, será construida con muros, cimentación y piso de concreto armado. Los muros, que serán los elementos más expuestos a cargas en caso de un derrame, tendrán un espesor de 0.30 m. La cimentación tiene una longitud, transversal al muro, de 2.30 m, esto para evitar el volteo del muro mismo. El piso en el interior del dique tendrá un espesor de 0.10 m, ya que será el menos demandado a las cargas de los tanques.

Dique 1.

Con respecto a la volumetría a contener, esta será para contener el volumen de 1.2 veces el tanque de mayor capacidad. El tanque de referencia será de 200 000 barriles, cuya capacidad en metros cúbicos es 31 800 unidades. Al elevar la capacidad 1.2 veces, el volumen final a contener es de 38 160 m³. El resultado del análisis nos indicó la construcción de un dique con las siguientes características:

- **Longitud:** 308.29 m
- **Ancho:** 93.74 m
- **Altura:** 1.8 m

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 25 de 57

El volumen final a contener será de 38 819.82 m³. En este volumen se considera la ocupación que tendrán las cimentaciones de los tanques.

Dique 2.

Con respecto a la volumetría a contener, esta será para contener el volumen de 1.2 veces el tanque de mayor capacidad. El tanque de referencia será de 200 000 barriles, cuya capacidad en metros cúbicos es 31 800 unidades. Al elevar la capacidad 1.2 veces, el volumen final a contener es de 38 160 m³. El resultado del análisis nos indicó la construcción de un dique con las siguientes características:

- **Longitud:** 334.21 m
- **Ancho:** 98.60 m
- **Altura:** 1.8 m

El volumen final a contener será de 40 792.3 m³. En este volumen se considera la ocupación que tendrán las cimentaciones de los tanques.

Dique 3.

Con respecto a la volumetría a contener, esta será para contener el volumen de 1.2 veces el tanque de mayor capacidad. El tanque de referencia será de 20 000 barriles, cuya capacidad en metros cúbicos es 3 180 unidades. Al elevar la capacidad 1.2 veces, el volumen final a contener es de 3 816 m³. El resultado del análisis nos indicó la construcción de un dique con las siguientes características:

- **Longitud:** 364.08 m
- **Ancho:** 75.46 m
- **Altura:** 1.8 m

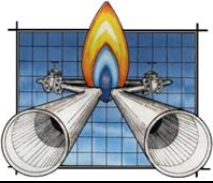
El volumen final a contener será de 49 452.25 m³. En este volumen se considera la ocupación que tendrán las cimentaciones de los tanques.

Dique 4.

Con respecto a la volumetría a contener, esta será para contener el volumen de 1.2 veces el tanque de mayor capacidad. El tanque de referencia será de 10 000 barriles, cuya capacidad en metros cúbicos es 1 590 unidades. Al elevar la capacidad 1.2 veces, el volumen final a contener es de 1 908 m³. El resultado del análisis nos indicó la construcción de un dique con las siguientes características:

- **Longitud:** 35.60 m
- **Ancho:** 35.60 m
- **Altura:** 1.8 m

El volumen final a contener será de 2 281.24 m³. En este volumen se considera la ocupación que tendrán las cimentaciones de los tanques.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 26 de 57

I.2.3. Pruebas de Verificación

A continuación se indican, las pruebas de verificación que serán realizadas a las estructuras de los tanques y tuberías.

Radiografiado

La inspección para determinar la calidad de las soldaduras en el cuerpo del tanque, se harán con rayos "X" o con rayos Gamma, al 100%.

El control de las radiografías es indispensable, para garantizar la seguridad de los trabajos y para identificar su posición real, verificar que las reparaciones (en su caso) hayan sido correctas y controlar la eficiencia de los soldadores.

Las pruebas a los soldadores se harán oportunamente para evitar retrasos en el inicio de los trabajos.

Prueba de hermeticidad del fondo de los tanques

Después de soldar el primer anillo de la envolvente, se procederá a probar la hermeticidad del fondo de acuerdo con uno de los métodos de prueba citados a continuación:

- Prueba de vacío
- De presión.

Prueba de hermeticidad de la envolvente

Después de terminada la construcción del tanque y antes de conectar las tuberías externas permanentes, la envolvente del tanque se probará por algunos de los siguientes métodos:

- Inspeccionándola frecuentemente durante la operación de llenado con el fin de detectar fugas.
- Para tanques de techo fijo, el nivel libre del agua debe quedar 51 mm (2") arriba del ángulo superior de la envolvente.
- Aplicando por el interior de las juntas, líquidos penetrantes y observando el exterior de las juntas para determinar si existen grietas.

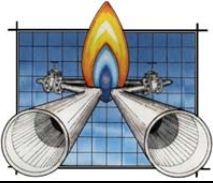
Prueba de hermeticidad del techo

Una vez terminado el techo el cual ha sido diseñado para ser hermético a los gases, se probará ésta hermeticidad por alguno de los siguientes métodos:

- Aplicando una presión interna de aire que no exceda el peso de las placas del techo empleando líquidos tenso activos para detectar las posibles fugas.
- Prueba de vacío a las juntas soldadas.

Pruebas de hermeticidad en tuberías.

Estas pruebas comprueban la integridad de tuberías, tanques, accesorios, etc., de combustibles en toda la TAS y se efectúa de acuerdo a la NOM-EM-003-ASEA-2016 y el código API-650.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 27 de 57

Durante la prueba hidrostática de las tuberías se utilizará agua como medio de prueba. La cantidad a utilizar será el volumen de las propias tuberías de la terminal entre dos Válvulas de Seccionamiento, para luego reutilizarse en el siguiente tramo entre las siguientes dos Válvulas de Seccionamiento, hasta terminar con todas las tuberías de la terminal.

El agua no sufre ninguna alteración en su composición, pero ésta contendrá muy probablemente una mayor cantidad de sólidos disueltos y/o en suspensión (tierra) por lo que se hubiera podido acumular dentro de la tubería durante su instalación, y al acabar la prueba se buscará en el entorno inmediato quién pueda aprovecharla para que se le suministre, o bien se utilizará para el riego de las áreas con vegetación natural del entorno y se reintegre a la hidrología de la zona.

I.3 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Esta terminal de almacenamiento y suministro (TAS), contará con dos predios de superficies diferentes, para el primer predio de mayor superficie es 525 542.18 m² y el segundo predio de menor superficie es 61 332.17 m², contando con un área total de 586 874.35 m², (58.68 hectáreas). Dentro de los objetivos de la secretaria de energía vislumbran la necesidad de contar en el país con más autonomía en la infraestructura de almacenamiento por lo que se proyecta el servicio de almacenamiento de productos importados.

Se recibirán un flujo máximo 110 000 -140 000 barriles por día, con diferentes productos. Se evaluará el tamaño/diámetro de las líneas de succión y descarga lo cual deberá ser aprobado por el equipo de proyecto.

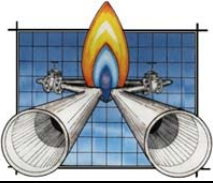
El movimiento operativo de recibo de producto será monitoreado a través de sistemas de interface hombre máquina para dar confiabilidad operativa al sistema de los principales parámetros del proceso, presión, nivel, flujo, temperatura, densidad etc.

En la siguiente tabla se resume la capacidad de los puestos de Descarga.

Concepto	Unidades	Valor
Horas de operación por día	hrs	24
Volumen por Autotanque	Bls (L)	383.72 (61 000)
Flujo de descarga por remolque	GPM	600
Autotanques de doble remolque descargados por hora por isla	Cantidad	2

La salida de la terminal será mediante carga de Carrotanques y Autotanques, de la siguiente manera:

Carrotanques

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 28 de 57

Se destina un área de carga la cual servirá para conectar 24 posiciones de llenado a Carro tanques, con capacidad de 700 barriles cada uno, se contará con cinco cabezales de carga, dos para gasolinas regulares, dos para gasolinas premium y una más para diésel, todos los cabezales serán de un diámetro de 14", la conexión hacia los carro-tanques será mediante brazos de carga y aditamentos especiales, permitiendo así un menor tiempo de carga del tren unitario.

El sistema de bombeo que se utilizará para la carga de los Carro tanques serán las mismas bombas de llenado de Autotanques. Para los cabezales de Diésel, Gasolinas Regulares, Premium & Turbosina se estiman de 1 200 gpm.

Autotanques

Se construirá un cobertizo para albergar 20 islas de llenado.

Las islas de llenado serán adecuadas para auto-tanques de remolque sencillo y contarán con brazos de carga dobles para así poder llenar de forma simultanea los dos auto-tanques. Cada posición de llenado deberá operar con un flujo de 1 200 GPM (600 GPM por cada brazo de carga).

Se tendrán la flexibilidad de cargar cualquiera de los siguientes productos: Diésel, Gasolinas Regulares, Premium & Turbosina solo se podrá cargar un producto a la vez.

En la siguiente tabla se resume la capacidad de los puestos de llenado.

Concepto	Unidades	Valor
Horas de operación por día	hrs	24
Volumen por Autotanque	Bls (L)	188.67 (30 000)
Flujo de descarga por remolque	GPM	600
Autotanques de doble remolque descargados por hora por isla	Cantidad	2

Esta TAS tendrá la capacidad de despacho por auto-tanques de 120 000 barriles por día, aproximadamente.

A continuación se indica el Diagrama de flujo de Procesos de la TAS Tula:

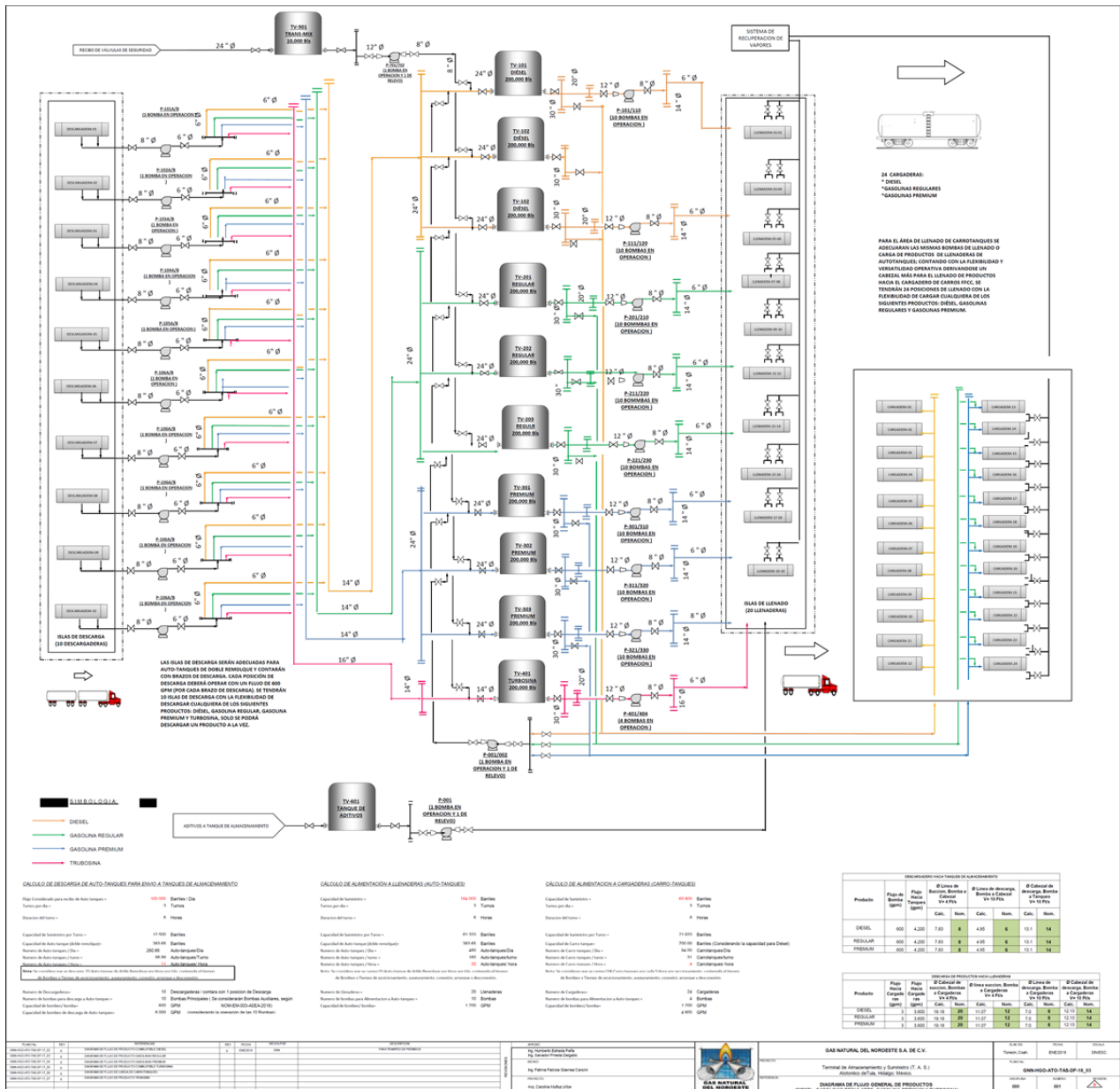
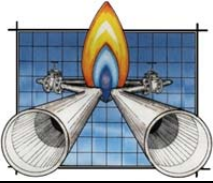


Figura I. 1 Diagrama general de Flujo operativo de la TAS Tula.

Para mayor detalle, Ver Anexo 5. Diagramas de Flujo de la TAS.

I.3.1. Especificación del cuarto de control

La TAS Tula contará con un Cuarto de Control Central, dedicado para la instalación de componentes electrónicos dedicado al sistema de operación, control y seguridad de la terminal de almacenamiento y suministro

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 30 de 57

A) Sistema de monitoreo operativo

La operación de la planta será monitoreada a través de estaciones de trabajo que se ubicarán en el cuarto de control, en campo, en el cobertizo de contra incendio, en el área del patín de recibo de producto y de manera local en cada patín de llenado de Autotanques y Carrotanques.

La TAS 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 en tanques.

Este sistema de administración operativa de la planta (TAS) 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 Carrotanques y personal en planta.

I.3.2. Sistemas de aislamiento

A) Sistemas de seguridad física

Para la seguridad física de la planta 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 planta, 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.

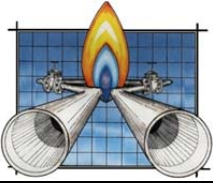
B) Sistemas de seguridad operativa

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 proceso, las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

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

El equipo de bombeo para carga de Autotanques (Llenaderas) y Carrotanques (Cargadero) tendrá un solo interruptor en el cabezal de succión de bombas el cual actuará sobre los arrancadores de todos estos equipos al detectar una presión de 1 kg/cm².

Para la protección a los equipos 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.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 31 de 57

Sistema de paro por Emergencia

Es requerido en las áreas de transferencia de producto, al activarse, se deberán detener todos los flujos y activarse una indicación visual y audible.

Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En los cabezales de descarga de las bombas a Llenaderas de Autotankers y Carrotankers, se contará con interruptores de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm^2 , actuando sobre el arrancador de cada una de las bombas de llenaderas y cargadero para suspender el bombeo en caso que se presentase esta condición.

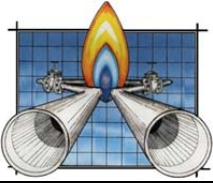
El equipo de bombeo estará protegido de presiones bajas en la succión con un interruptor de presión el cual enviará una señal para parar el equipo o no le permitirá arrancar si el cabezal de succión del equipo no tiene la suficiente presión de succión requerida por el sistema.

Así mismo sistema alivio el cual enviara el producto a una recirculación aliviando la presión de línea de descarga conectada del cabezal de descarga de la bomba a la tubería de entrada del tanque de origen del producto bombeado.

Con el fin de mantener de una manera más estable la presión de operación en los cabezales de alimentación a llenaderas y del área del cargadero, se instalará una válvula de recirculación la cual actuará de manera proporcional al excedente de presión después de 5 kg/cm^2 .

Relevo de presión por temperatura en cabezales (relevo térmico)

En todas las líneas de proceso de la planta se instalarán válvulas de alivio las cuales actuarán por sobrepresión al incrementarse la presión dentro de estas, al ocurrir un incremento de temperatura del producto al encontrarse entrampado (sin flujo por suspensión del proceso) entre válvulas, aliviando dichos excedentes a líneas de recolección las cuales lo conducirán a fosas de captación para su posterior recuperación.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 32 de 57

I.4 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

1.4.1 Antecedentes de accidentes e incidentes

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.

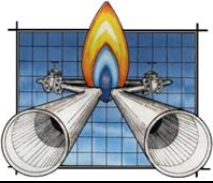
Elementos del Ejército y de cuerpos de auxilio estatales y municipales, así como personal de seguridad de Pemex, trataron de sofocar el fuego que envolvió al buque tanque de la paraestatal.

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. 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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 33 de 57

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.

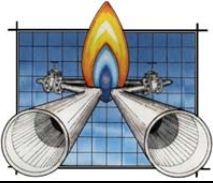
De acuerdo con medios locales, la explosión ocurrió alrededor de las 3 de la tarde en el área de llenaderas, frente a la puerta 4 de la refinería, localizada en la calle de Héroes de Cananea.

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 34 de 57

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.

I.4.2 Metodologías de identificación y jerarquización

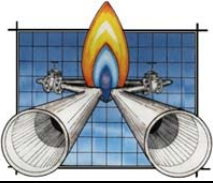
Los estudios de riesgo involucran principalmente tres grandes temas; la identificación de los riesgos, la probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos y el análisis de consecuencias.

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

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

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

La combinación de resultados de la probabilidad del accidente y del análisis de consecuencias da una medida del riesgo con la actividad específica y este proceso es lo que constituye el análisis de riesgos,

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 35 de 57

que permite, priorizar y examinar los escenarios potenciales de accidentes en términos de un riesgo total, que a la vez logre el desarrollo y preparación de un plan de emergencias.

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

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

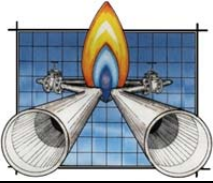
Aunado a lo anterior, se analizan las situaciones donde la presencia de algún evento externo no deseado, como una explosión o un incendio que se puedan generar, mismas que afecten directa o indirectamente a las instalaciones internas y externas del mismo, y por ende se desencadene un evento mayor, con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

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

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

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

Con el objetivo de evaluar el riesgo de presentarse incidentes en la operación de la terminal, se seleccionó la metodología HAZOP y así emitir recomendaciones tendientes a controlar y prevenir

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 36 de 57

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 (liberación de producto con riesgo de incendio y explosión).
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 de manejo de combustibles, 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 2.1), para realizar en análisis de consecuencias acorde a los resultados de simulación.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 37 de 57

A. HAZOP

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

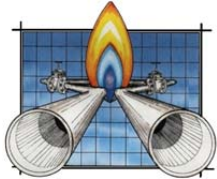
El análisis de operación y riesgo HAZOP, es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis de riesgo en procesos industriales. Es un estudio que identifica cada desviación posible de un diseño, de una operación o de una afectación cualquiera, además de todas las posibles causas y consecuencias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

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

Tabla 2 Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTIs) utilizados.

ID del Plano	Título (DTI)
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_01-R.0	Bahías de Descarga de producto combustible Diesel
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_05-R.0	Bahías de Descarga de producto Gasolina Regular
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_09-R.0	Bahías de Descarga de producto Gasolina Premium
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_13-R.0	Bahías de Descarga de producto combustible Turbosina
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_02-R.0	Área de Almacenamiento de producto combustible Diesel
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_06-R.0	Área de Almacenamiento de producto Gasolina Regular
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_10-R.0	Área de Almacenamiento de producto Gasolina Premium
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_14-R.0	Área de Almacenamiento de producto combustible Turbosina
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_03-R.0	Bahías de Carga de producto combustible Diesel
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_04-R.0	Área de Carga de producto combustible Diesel a Carrotanques
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_07-R.0	Bahías de Carga de producto Gasolina Regular
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_08-R.0	Área de Carga de producto Gasolina Regular a Carrotanques
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_11-R.0	Bahías de Carga de producto Gasolina Premium
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_12-R.0	Área de Carga de producto Gasolina Premium a Carrotanques
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_15-R.0	Bahías de Carga de producto combustible Turbosina
GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_16-R.0	Área de Carga de producto combustible Turbosina a Carrotanques

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 38 de 57

El HAZOP fue realizado bajo el siguiente procedimiento:

1. Selección de nodos.

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

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

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

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

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

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

La Causa deberá estar en el Nodo en cuestión.

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

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

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

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

8. Asigne una categoría a la consecuencia identificada.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 39 de 57

9. Asigne una categoría a la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia analizada, considerando esta vez los sistemas de control y/o capas de protección válidas, así como cualquier otro modificador de frecuencia que aplique.
10. Identifique las recomendaciones y asigne las responsabilidades. Donde esté clara una solución específica, deberá ser registrada como tal. Los equipos a menudo se detienen a intentar conseguir una recomendación. Es absolutamente apropiado que la recomendación sea investigar las medidas de protección apropiadas. Es también bueno redactar las recomendaciones que permitan una cierta flexibilidad, por ejemplo diciendo: considerar tales y tal opción. La recomendación se debe escribir con bastante detalle para poder entender el intento sin el resto de la hoja de trabajo delante del lector.

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

Para facilitar el análisis de riesgos y la aplicación de la técnica HAZOP, se analizaron 20 nodos con apego a los Diagramas de Tubería e Instrumentación, mismos que se describen a continuación:

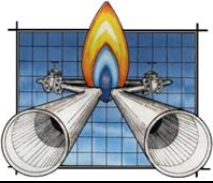
Tabla 3 Nodos Seleccionados.

Nodo	Descripción	DTI
1	Patín de Medición de descarga producto Combustible Diesel ²	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_01-R.0
2	Patín de Medición de descarga producto Gasolina Regular ³	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_05-R.0
3	Patín de Medición de descarga producto Gasolina Premium ⁴	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_09-R.0
4	Patín de Medición de descarga producto Combustible Turbosina	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ADE-18_13-R.0
5	Tanque para almacenamiento de producto combustible Diesel (TV-101 al TV-103)	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_02-R.0
6	Tanque para almacenamiento de producto Gasolina Regular (TV-201 al TV-203)	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_06-R.0
7	Tanque para almacenamiento de producto Gasolina Premium (TV-301 al TV-303)	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_10-R.0
8	Tanque para almacenamiento de producto Combustible Turbosina (TV-401)	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_14-R.0
9	Sistema de bombeo para envío de Diesel a Bahías de carga de Autotanques y Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_02-R.0
10	Sistema de bombeo para envío de Gasolina Regular a Bahías de carga de Autotanques y Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_06-R.0
11	Sistema de bombeo para envío de Gasolina Premium a Bahías de carga de Autotanques y Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_10-R.0

² Dado que los patines de medición de Diesel de las 10 Bahías son idénticos, se tomó uno tipo.

³ Dado que los patines de medición de Gasolina Regular de las 10 Bahías son idénticos, se tomó uno tipo

⁴ Dado que los patines de medición de Gasolina Premium de las 10 Bahías son idénticos, se tomó uno tipo

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 40 de 57

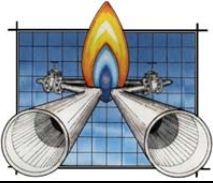
Nodo	Descripción	DTI
12	Sistema de bombeo para envío de Turbosina a Bahías de carga de Autotanques y Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-AAL-18_14-R.0
13	Patín de medición en Bahías de Carga de producto combustible Diesel	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_03-R.0
14	Patín de medición en área de Carga de producto combustible Diesel a Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_04-R.0
15	Patín de medición en Bahías de Carga de producto Gasolina Regular	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_07-R.0
16	Patín de medición en área de Carga de producto Gasolina Regular a Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_08-R.0
17	Patín de medición en Bahías de Carga de producto Gasolina Premium	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_11-R.0
18	Patín de medición en área de Carga de producto Gasolina Premium a Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_12-R.0
19	Patín de medición en Bahías de Carga de producto combustible Turbosina	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_15-R.0
20	Patín de medición en área de Carga de producto combustible Turbosina a Carrotanques	GNN-HGO-ATO-TAS-DTI-ALL-18_16-R.0

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

Para establecer la Matriz de Rango de Riesgo (Risk Ranking) con la cual se calificaron y jerarquizaron los riesgos identificados, asignando niveles de CONSECUENCIAS de acuerdo a lo que indica la **Tabla 4**, así como la FRECUENCIA de falla de acuerdo a lo que establece la **Tabla 5**, con lo cual, mediante lo establecido en la **Tabla 6**, se determina el Nivel de Riesgo del nodo analizado.

Tabla 4 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	- Emisiones en el sitio con contaminación prolongada. - Gran derrame contenido en el sitio. - Emisión fuera de sitio con	- Daños al equipo o costos de producción entre \$200 000 y \$2M	- Cobertura periodística provisional; gran preocupación de la comunidad;

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 41 de 57

Gravedad	Salud y seguridad	Medio ambiente	Economía	Reputación
	de Área	remediación inmediata disponible. Incumplimiento \$200 000 a \$2M		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

Tabla 5 Frecuencia de ocurrencia de los eventos.

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

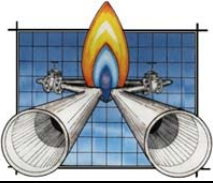
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 42 de 57

Tabla 6 Matriz de riesgos.

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

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

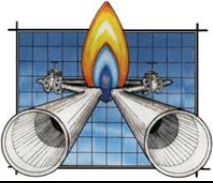
A. Muy Alto. Riesgo intolerable. El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo Muy Alto representa una situación de emergencia y deben establecerse controles temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio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

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

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

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

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

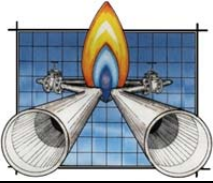
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 43 de 57

El proceso se dividió en 20 nodos. Los equipos de trabajo se conformaron por miembros de las áreas de proceso, mantenimiento, seguridad y protección ambiental.

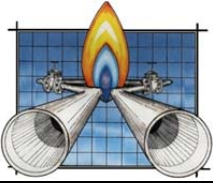
A continuación se incluye la matriz de riesgos con los resultados de cada uno de los nodos evaluados en el HAZOP:

Tabla 7 Matriz de Riesgo considerando los resultados del HAZOP.

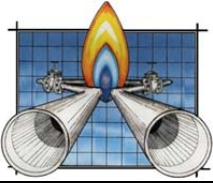
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
1	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
		4.2				
		4.3				
	5. Menos Flujo	5.1				
2	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
		4.2				
		4.3				
	5. Menos Flujo	5.1				
3	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
		4.2				
		4.3				
	5. Menos Flujo	5.1				
4	1. No hay Presión.	1.1				
	2. Menos Presión.	2.1				
	3. Más Presión.	3.1				

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 44 de 57

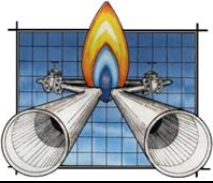
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
		3.2				
	4. No hay Flujo	4.1				
		4.2				
		4.3				
	5. Menos Flujo	5.1				
5	5. Menos Presión	5.1				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	9. Más Nivel	9.1				
	10. Menos Nivel	10.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
6	5. Menos Presión	5.1				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	9. Más Nivel	9.1				
	10. Menos Nivel	10.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
7	5. Menos Presión	5.1				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	9. Más Nivel	9.1				
	10. Menos Nivel	10.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
8	5. Menos Presión	5.1				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	9. Más Nivel	9.1				
	10. Menos Nivel	10.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
9	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
	4. Más Presión	4.1				

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 45 de 57

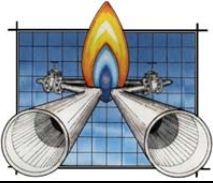
Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	11. Más Corrosión	11.1				
10	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 46 de 57

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 47 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
17	11. Más Corrosión	11.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
18	11. Más Corrosión	11.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
19	11. Más Corrosión	11.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
	4. Más Presión	4.1				
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
20	11. Más Corrosión	11.1				
	2. Menos Flujo	2.1				
	3. No hay flujo	3.1				
		3.2				
20	4. Más Presión	4.1				

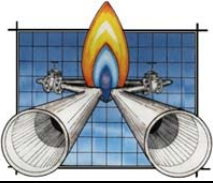
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 48 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Nivel de Riesgo			
			D	C	B	A
	5. Menos Presión	5.1				
		5.2				
	7. Más Temperatura	7.1				
	8. Menos Temperatura	8.1				
	11. Más Corrosión	11.1				

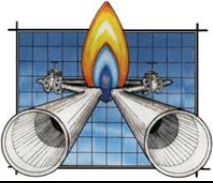
De acuerdo a la tabla anterior, las desviaciones/fallas de mayor riesgo representan un nivel B y C, por lo que a continuación se describen cada una de las fallas de este nivel.

Tabla 8 Descripción de las fallas de mayor riesgo.

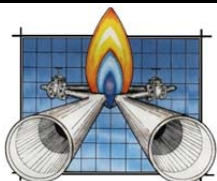
Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	Más Presión.	Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	- Posible golpe de ariete en tubería de salida. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	Paro de la bomba (falla)	Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
		Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	- Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. - Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
	Menos Flujo	Falla operativa de la bomba.	Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
2	Más Presión.	Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	- Posible golpe de ariete en tubería de salida. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	Paro de la bomba (falla)	Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
		Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	- Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. - Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
	Menos Flujo	Falla operativa de la bomba.	Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 49 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
3	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 8". ▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Paro de la bomba (falla)	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
		▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
	Menos Flujo	▪ Falla operativa de la bomba.	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
4	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Posible golpe de ariete en tubería de salida. ▪ Incremento de presión en tubería de 8". ▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Paro de la bomba (falla)	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
		▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento. ▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
	Menos Flujo	▪ Falla operativa de la bomba.	▪ Desabasto de combustible a los tanques de almacenamiento.
5	Menos Presión	▪ Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible.	▪ Implosión del tanque de almacenamiento.
	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	▪ Posible derrame de combustible por ventilas. ▪ Posible contaminación del suelo. ▪ Riesgo de incendio. ▪ Pérdidas económicas. ▪ Paro de planta. ▪ Daños a las instalaciones y al personal.
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	▪ Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	▪ Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. ▪ Fuga de combustible con riesgo de incendio.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 50 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
6	Menos Presión	Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible.	Implosión del tanque de almacenamiento.
	Más Nivel	Sobrellenado del tanque.	- Posible derrame de combustible por ventilas. - Posible contaminación del suelo. - Riesgo de incendio. - Pérdidas económicas. - Paro de planta. - Daños a las instalaciones y al personal.
	Menos Nivel	En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
7	Menos Presión	Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible.	Implosión del tanque de almacenamiento.
	Más Nivel	Sobrellenado del tanque.	- Posible derrame de combustible por ventilas. - Posible contaminación del suelo. - Riesgo de incendio. - Pérdidas económicas. - Paro de planta. - Daños a las instalaciones y al personal.
	Menos Nivel	En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
8	Menos Presión	Baja presión interna del tanque por la extracción de combustible.	Implosión del tanque de almacenamiento.
	Más Nivel	Sobrellenado del tanque.	- Posible derrame de combustible por ventilas. - Posible contaminación del suelo. - Riesgo de incendio. - Pérdidas económicas. - Paro de planta. - Daños a las instalaciones y al personal.
	Menos Nivel	En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	Ocurrencia de incendio en dique del tanque.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 51 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
9	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	- Posible golpe de ariete en tubería de descarga. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
10	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	- Posible golpe de ariete en tubería de descarga. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
11	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	- Posible golpe de ariete en tubería de descarga. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.
12	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	- Posible golpe de ariete en tubería de descarga. - Incremento de presión en tubería de 8". - Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	- Desgaste de las paredes externas e internas de las tuberías de conducción y equipos. - Fuga de combustible con riesgo de incendio.

Debido a que en los resultados de la anterior matriz de riesgos se obtuvieron 12 nodos en donde existen fallas de nivel C principalmente y algunos con fallas de riesgo B (de acuerdo a los resultados del HAZOP), a partir de dichos resultados la determinación de los escenarios de simulación se hace compleja, por lo que se decidió aplicar métodos más específicos en el proceso de jerarquización riesgos; de modo que en un primer momento se recurrió a la técnica del juicio de expertos, la cual, constó de un filtro en el que se descartaron aquellas fallas o desviaciones identificadas en el HAZOP que no repercuten significativamente en el ambiente, es decir, que no desencadenan una fuga de combustible con repercusiones de fuego y/o explosión y posteriormente se recurrió al árbol de fallas.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 52 de 57

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

Tabla 9 Fallas con repercusiones al ambiente (fuga de combustible).

Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
1	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
2	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
3	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
4	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	▪ Fugas de combustible por las bridas de la válvula de compuerta.
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	▪ Fuga de combustible en la descarga con potencial daño al medio ambiente.
5	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	▪ Posible derrame de combustible por ventilas. ▪ Riesgo de incendio.
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	▪ Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	▪ Fuga de combustible con riesgo de incendio.
6	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	▪ Posible derrame de combustible por ventilas. ▪ Riesgo de incendio.
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	▪ Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	▪ Fuga de combustible con riesgo de incendio.
7	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	▪ Posible derrame de combustible por ventilas. ▪ Riesgo de incendio.
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	▪ Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	▪ Fuga de combustible con riesgo de incendio.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 53 de 57

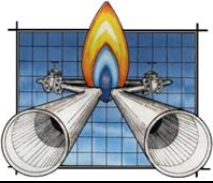
Nodo	Desviación	Causa	Consecuencias significativas
8	Más Nivel	Sobrellenado del tanque.	- Posible derrame de combustible por ventilas. - Riesgo de incendio.
	Menos Nivel	En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	Ocurrencia de incendio en dique del tanque.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	Fuga de combustible con riesgo de incendio.
9	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	Fuga de combustible con riesgo de incendio.
10	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	Fuga de combustible con riesgo de incendio.
11	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	Fuga de combustible con riesgo de incendio.
12	Más Presión	Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	Fugas de combustible por bridas de la válvula manual.
	Más Corrosión	Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	Fuga de combustible con riesgo de incendio.

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 54 de 57

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 55 de 57

Tabla 10 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	Conceivable; 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.

Nodo	Desviación	Causa	Probabilidad de falla
1	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	1×10^{-3} ⁵
2	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	1×10^{-3}
3	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	1×10^{-3}
4	Más Presión.	▪ Cierre de válvula de compuerta a la salida del patín de medición.	2.4×10^{-6}
	No hay flujo	▪ Desconexión de bomba flexible con patín de medición.	1×10^{-3}
5	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	3.3×10^{-4} ⁶
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	3.3×10^{-4}

⁵ 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

⁶ 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 56 de 57

Nodo	Desviación	Causa	Probabilidad de falla
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	3.3×10^{-4}
6	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	3.3×10^{-4}
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	3.3×10^{-4}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	3.3×10^{-4}
7	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	3.3×10^{-4}
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	3.3×10^{-4}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	3.3×10^{-4}
8	Más Nivel	▪ Sobrellenado del tanque.	3.3×10^{-4}
	Menos Nivel	▪ En stand by, fuga de combustible por fallas en las soldaduras del tanque.	3.3×10^{-4}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo del tanque.	3.3×10^{-4}
9	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	2.4×10^{-6}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7×10^{-3} ⁷
10	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	2.4×10^{-6}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7×10^{-3}
11	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	2.4×10^{-6}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7×10^{-3}
12	Más Presión	▪ Cierre en falso de la válvula manual instalada en la tubería de descarga de la bomba.	2.4×10^{-6}
	Más Corrosión	▪ Deficiencias en el recubrimiento anticorrosivo.	3.7×10^{-3}

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

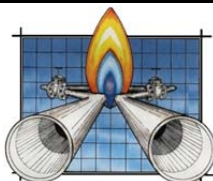
En base a las probabilidades de falla resultantes en la tabla anterior, se propusieron los escenarios de riesgo para determinar los radios de afectación y realizar el análisis de consecuencias, lo anterior, en base al criterio de experto y experiencia del equipo evaluador. A continuación se indican los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

⁷ 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	I
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 57 de 57

Tabla 11 Descripción de escenarios.

Escenario	Descripción
1	Fuga de Diesel en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotanque.
2	Fuga de Gasolina en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotanque.
3	Fuga de Turbosina en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotanque.
4	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Diesel con capacidad para 200 000 BIs, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.
5	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Gasolina con capacidad para 200 000 BIs, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.
6	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Turbosina con capacidad para 200 000 BIs, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.
7	Fuga de combustible en casa de bombas de Diesel a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.
8	Fuga de combustible en casa de bombas de Gasolina a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.
9	Fuga de combustible en casa de bombas de Turbosina a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 47

Índice

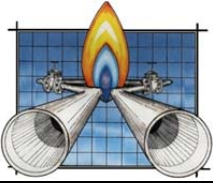
II. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN ENTORNO A LAS INSTALACIONES	1
II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN	2
II.1.1 DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS.....	7
II.1.2 REPRESENTACIÓN DE LAS ZONAS DE ALTO RIESGO Y AMORTIGUAMIENTO.....	25
II.2 INTERACCIONES DE RIESGO	62
II.3 EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.....	43

Índice de Tablas

Tabla 1 Efectos generados por radiación térmica.	5
Tabla 2 Efectos generados por ondas de sobrepresión.....	5
Tabla 3 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Chorro de Fuego (1 de 2).....	43
Tabla 4 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de un Jet Fire (2 de 2).....	44
Tabla 5 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (1 de 2).	44
Tabla 6 Efectos sobre el Sistema Ambiental por la generación de una explosión no confinada (2 de 2).	46

Índice de Figuras

Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.....	25
Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.....	26
Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.....	27
Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.....	28
Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.....	29
Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.....	30
Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7.....	31
Figura 8 Radios de Afectación del Escenario 8.....	32
Figura 9 Radios de Afectación del Escenario 9.....	33

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 47

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

II.1 RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

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

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

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

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

La evaluación de los riesgos a través de los escenarios más probables junto a la simulación de los eventos máximos definidos con el software SCRI Fuego Versión 2.1, 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.

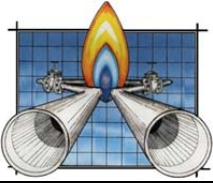
Modelación de Pool Fire (Charco de Fuego).

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 47

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 en la versión 2.1, 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/m^2 y quemaduras de segundo grado para el radio que marca los 5 kW/m^2 de radiación. El modelo trabaja con los siguientes parámetros de la sustancia simulada:

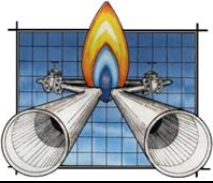
- Peso molecular,
- Gravedad específica,
- Temperatura,
- Área del incendio.

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 47

Inflamabilidad (radiación térmica).

- Zona de alto riesgo: 5 kW/m^2 (kilowatt por metro cuadrado),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): $1,4 \text{ kW/m}^2$ (kilowatt por metro cuadrado).

Explosividad (sobrepresión).

- Zona de alto riesgo: $1,0 \text{ lb/plg}^2$ (Libras por pulgada cuadrada),
- Zona de bajo riesgo (amortiguamiento): $0,5 \text{ lb/plg}^2$ (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 TAS 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.

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/m^2 durante aproximadamente 5 segundos y de 30 kW/m^2 durante sólo 0.4 segundos antes de que sienta dolor.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 47

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/m²)	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.

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;

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 6 de 47

Sobrepresión Máxima (psi)	Daño producido por ondas de sobrepresión en explosión
	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 almacén de acero de edificios revestimientos se deforma.
2	Colapso parcial de techos y paredes.
2 – 3	Cuarreadora de paredes de concreto o bloques de ladrillo no reforzados.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.5	50% de destrucción de la mampostería en casas.
3 – 4	Demolición de edificios son armazones o con paneles de acero; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo.
4	Ruptura del revestimiento de edificios industriales ligeros.
5	Los postes de madera se rompen súbitamente; prensas hidráulicas altas (40 000 lb) en edificios son ligeramente dañadas.
5 – 7	Destrucción casi completa de casas.
7 – 8	Paneles de ladrillo de 8 -12 in de espesor no reforzados fallan por corte o flexión.
9	Demolición total de vagones de ferrocarril cargados.
10	Probable destrucción total de edificios; desplazamiento y fuerte daño a maquinaria pesada (7 000 lb), la maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive.
300	Formación de cráter.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 7 de 47

II.1.2 descripción de escenarios

Escenario No. 1.			
Descripción:	Fuga de Diesel en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotanque.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Bahías de descarga	Temperatura ambiente:	15.7°C ¹
Presión de operación (máxima):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	7.74 m/s ²
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.04 m ³ /s)	Precipitación:	568 mm (anual) ¹
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40% ²

Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el área de Bahías de descarga a causa del derrame de combustible ocasionado por la falla de la manguera de descarga, 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 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00817 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 15.8 m. (calculado por el software SCRI).

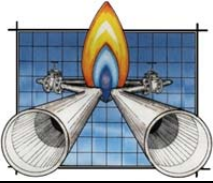
RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	36.49 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	159.1 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	68.29 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	270 m

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

¹ Valor tomado de la Estación Meteorológica No. 13068 El Salto de la CONAGUA.

² Valor tomado de la Estación Tula (municipio de Tula de Allende. (INIFAP).

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 47

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:

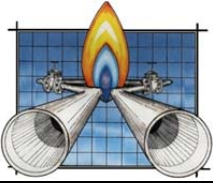
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 330
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,330)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 6.87 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00817 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 9 de 47

Escenario No. 2.			
Descripción:	Fuga de Gasolina en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotankue.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Bahías de descarga	Temperatura ambiente:	15.7°C
Presión de operación (máxima):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	7.74 m/s
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.04 m ³ /s)	Precipitación:	568 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40%

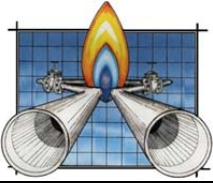
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el área de Bahías de descarga a causa del derrame de combustible ocasionado por la falla de la manguera de descarga, 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 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00908 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 11.95 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	36.14 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	159.75 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	67.88 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	271.51 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 10 de 47

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:

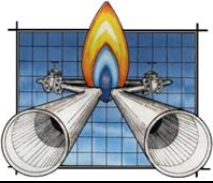
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 330
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,330)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 6.18 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00908 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 11 de 47

Escenario No. 3.			
Descripción:		Fuga de Turbosina en la Bahía de descarga a causa de la falla de la manguera por movimiento indebido del autotanque.	
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Bahías de descarga	Temperatura ambiente:	15.7°C
Presión de operación (máxima):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	7.74 m/s
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.04 m ³ /s)	Precipitación:	568 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40%

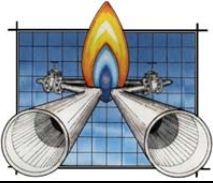
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en el área de Bahías de descarga a causa del derrame de combustible ocasionado por la falla de la manguera de descarga, 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 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.00835 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 12.58 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	37.35 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	163.39 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	70.12 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	277.4 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 12 de 47

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:

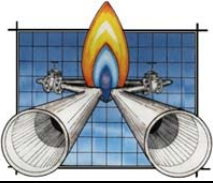
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 330
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	804

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,330)(804) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 6.72 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00835 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 13 de 47

Escenario No. 4.			
Descripción:	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Diesel con capacidad para 200 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Almacenamiento de Diesel	Temperatura ambiente:	15.7°C
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	7.74 m/s
Presión en el punto de fuga:	27.84 psi	Precipitación:	568 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	3" (0.0762 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40%

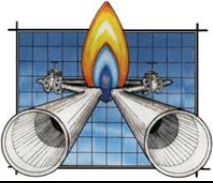
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame de combustible y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.046 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 3 pulgadas de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 27.84 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.6 m, y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 37.49 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	84.19 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	285.33 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	156.53 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	485.01 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 14 de 47

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

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

$$P_{hid} = \rho gh + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (840)(9.81)(11) + 101\,325 = 191\,969 \text{ Pa (27.84 psi o 1.96 kg/cm}^2\text{)}$$

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:

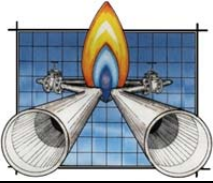
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.00456
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	192 210
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(191\,969)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 38.76 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.046 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 15 de 47

Escenario No. 5.			
Descripción:	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Gasolina con capacidad para 200 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Almacenamiento de Gasolina	Temperatura ambiente:	15.7°C
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	7.74 m/s
Presión en el punto de fuga:	25.34 psi	Precipitación:	568 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	3" (0.0762 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40%

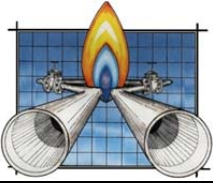
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame de combustible y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.048 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 3 pulgadas de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 25.34 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.6 m, y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 27.48 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	81.04 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	279.92 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	151.03 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	475.82 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 16 de 47

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

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

$$P_{hid} = \rho gh + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (840)(9.81)(11) + 101\,325 = 174\,703 \text{ Pa (25.34 psi o 1.78 kg/cm}^2\text{)}$$

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)	174 703
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(174\,703)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 33.25 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \text{ó} \quad 0.048 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 17 de 47

Escenario No. 6.			
Descripción:	Derrame de combustible en Tanque para almacenamiento de Turbosina con capacidad para 200 000 Bls, a causa del desgaste de las placas de acero provocado por corrosión.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Almacenamiento de Turbosina	Temperatura ambiente:	15.7°C
Presión del tanque:	Atmosférica	Velocidad del viento:	7.74 m/s
Presión en el punto de fuga:	25.34 psi	Precipitación:	568 mm (anual)
Diámetro considerado para simulación:	3" (0.0762 m)	Altitud:	2 174 msnm
		Humedad relativa:	40%

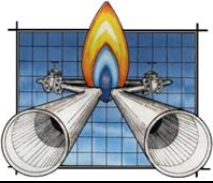
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente escenario se considera la simulación de un charco de fuego a causa del derrame de combustible y explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para la simulación del peor caso, se consideró la inexistencia de diques para contención de derrames.
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.046 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- La activación de los sistemas de detección de fuego y gas se considera que es a los 120 segundos después de ocurrido el derrame.
- La fuga de combustible se origina por el desgaste de las placas metálicas del tanque, que para el presente caso, se considera la formación de un orificio equivalente a 3 pulgadas de diámetro.
- La presión del combustible almacenado en el punto de fuga es de 27.28 psi (ver cálculo en página siguiente), considerando que la fuga se origina a 1 m de altura respecto al suelo, que el tanque tiene una altura de 14.6 m, y que el nivel de fluido en el mismo se encuentra a 12 m.
- El diámetro máximo del derrame es de 29.53 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	85.41 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	289.84 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	159.12 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	492.68 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 18 de 47

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

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

$$P_{hid} = \rho gh + P_{atm}$$

Dónde:

	Valores
P_{hid} = Presión hidrostática en punto de fuga (Pa)	¿?
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840
g = Aceleración de la gravedad (m/s ²)	9.81
h = Altura del nivel del combustible respecto al punto de fuga (m)	11
P_{atm} = Presión Atmosférica (Pa)	101 325

Sustitución de valores:

$$P_{hid} = (804)(9.81)(11) + 101\,325 = 188\,084 \text{ Pa (27.28 psi o 1.92 kg/cm}^2\text{)}$$

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:

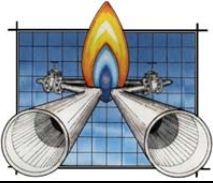
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.00456
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	188 084
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	804

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.00456 \sqrt{(1.31)(188\,084)(804) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 37.51 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.046 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 19 de 47

Escenario No. 7.

Descripción:	Fuga de combustible en casa de bombas de Diesel a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Casa de bombas	Temperatura ambiente:	24.6°C
Presión de operación (promedio):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	4.87 m/s
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.08 m ³ /s)	Precipitación:	934.1m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	30 msnm
		Humedad relativa:	79.8%

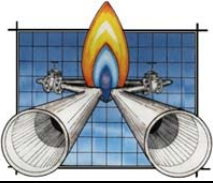
Consideraciones para simulaciones:

- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la casa de bombas a causa del derrame de combustible ocasionado por el desgaste de la tubería a causa de la corrosión, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados.
- Para el presente escenario, se considera que el desgaste de la tubería de acero genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m).
- La tasa de emisión de fuga es de: 0.0081 m³/s (ver cálculo en página siguiente).
- 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación.
- El diámetro máximo del derrame es de 15.73 m. (calculado por el software SCRI).

RESULTADOS

POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	36.34 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	159.1 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	68.01 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	270 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 20 de 47

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:

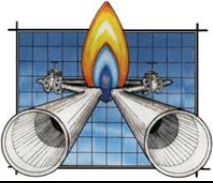
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 332
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	840

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,332)(840) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

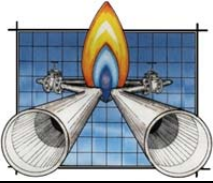
$$\dot{m} = 6.87 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.0081 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 21 de 47

Escenario No. 8.			
Descripción:		Fuga de combustible en casa de bombas de Gasolina a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.	
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Casa de bombas	Temperatura ambiente:	24.6°C
Presión de operación (promedio):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	4.87 m/s
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.08 m ³ /s)	Precipitación:	934.1m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	30 msnm
		Humedad relativa:	79.8%

Consideraciones para simulaciones:			
- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la casa de bombas a causa del derrame de combustible ocasionado por el desgaste de la tubería a causa de la corrosión, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados. - Para el presente escenario, se considera que el desgaste de la tubería de acero genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m). - La tasa de emisión de fuga es de: 0.00908 m³/s (ver cálculo en página siguiente). - 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación. - El diámetro máximo del derrame es de 11.95 m. (calculado por el software SCRI).			
RESULTADOS			
POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	36.14 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	159.75 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	67.88 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	271.51 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 22 de 47

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:

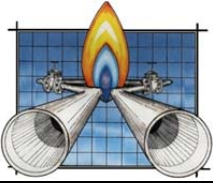
	Valores
$\dot{m}$ = Tasa de emisión de Fuga (kg/s)	¿?
A_h = Área de la fuga (m ²)	0.000506
γ = Razón de calores específicos (adimensional)	1.31
P_0 = Presión del combustible en punto de fuga (Pa)	490 332
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	680

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,332)(680) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

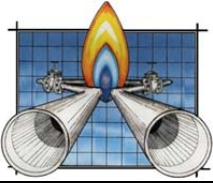
$$\dot{m} = 6.18 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00908 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 23 de 47

Escenario No. 9.			
Descripción:	Fuga de combustible en casa de bombas de Turbosina a llenaderas, debido al desgaste de la tubería a la salida de los equipos de bombeo, provocando el derrame de combustible en el área.		
Consideraciones operativas		Condiciones ambientales (promedio):	
Ubicación:	Casa de bombas	Temperatura ambiente:	24.6°C
Presión de operación (promedio):	5 kg/cm ² (71.12 psig)	Velocidad del viento:	4.87 m/s
Flujo de diseño:	1 200 GPM (0.08 m ³ /s)	Precipitación:	934.1m (anual)
Diámetro considerado para simulación:	1" (0.0254 m)	Altitud:	30 msnm
		Humedad relativa:	79.8%

Consideraciones para simulaciones:			
- Para el presente Escenario se considera la simulación de un charco de fuego en la casa de bombas a causa del derrame de combustible ocasionado por el desgaste de la tubería a causa de la corrosión, así mismo, se considera la explosión por la concentración de los vapores generados. - Para el presente escenario, se considera que el desgaste de la tubería de acero genera un orificio de diámetro equivalente a 1" (0.0254 m). - La tasa de emisión de fuga es de: 0.00835 m³/s (ver cálculo en página siguiente). - 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 una chispa eléctrica generada por un cable de la instrumentación. - El diámetro máximo del derrame es de 12.58 m. (calculado por el software SCRI).			
RESULTADOS			
POOL FIRE		EXPLOSIÓN	
Zona de Alto Riesgo (5 kW/m²):	37.35 m	Zona de Alto Riesgo (1 psi):	163.39 m
Zona de Amortiguamiento (1.4 kW/m²):	70.12 m	Zona de Amortiguamiento (0.5 psi):	277.4 m

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 24 de 47

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)	490 332
ρ = Densidad del combustible (kg/m ³)	804

Sustitución de valores:

$$\dot{m} = 0.000506 \sqrt{(1.31)(490\,332)(804) \left(\frac{2}{1.31 + 1} \right)^{\left(\frac{1.31 + 1}{1.31 - 1} \right)}}$$

Resultado:

$$\dot{m} = 6.72 \frac{kg}{s} \quad \text{ó} \quad 0.00835 \frac{m^3}{s}$$

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		CAPITULO	II
			FECHA	Febrero del 2018
			HOJA:	Pág. 25 de 47

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

Los radios de afectación se indican a continuación:

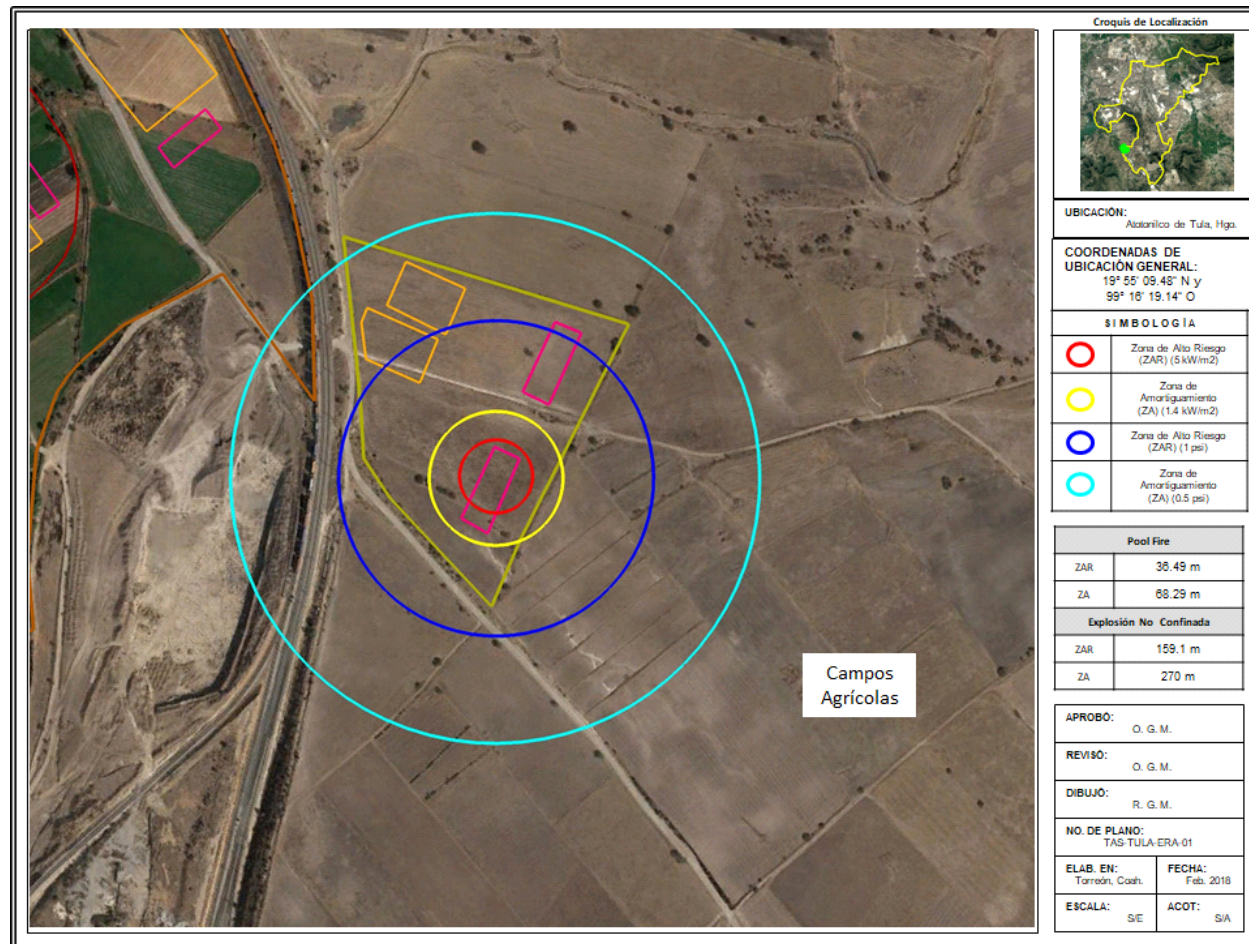
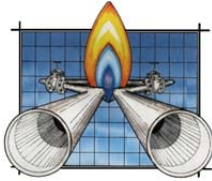


Figura 1 Radios de Afectación del Escenario 1.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 26 de 47

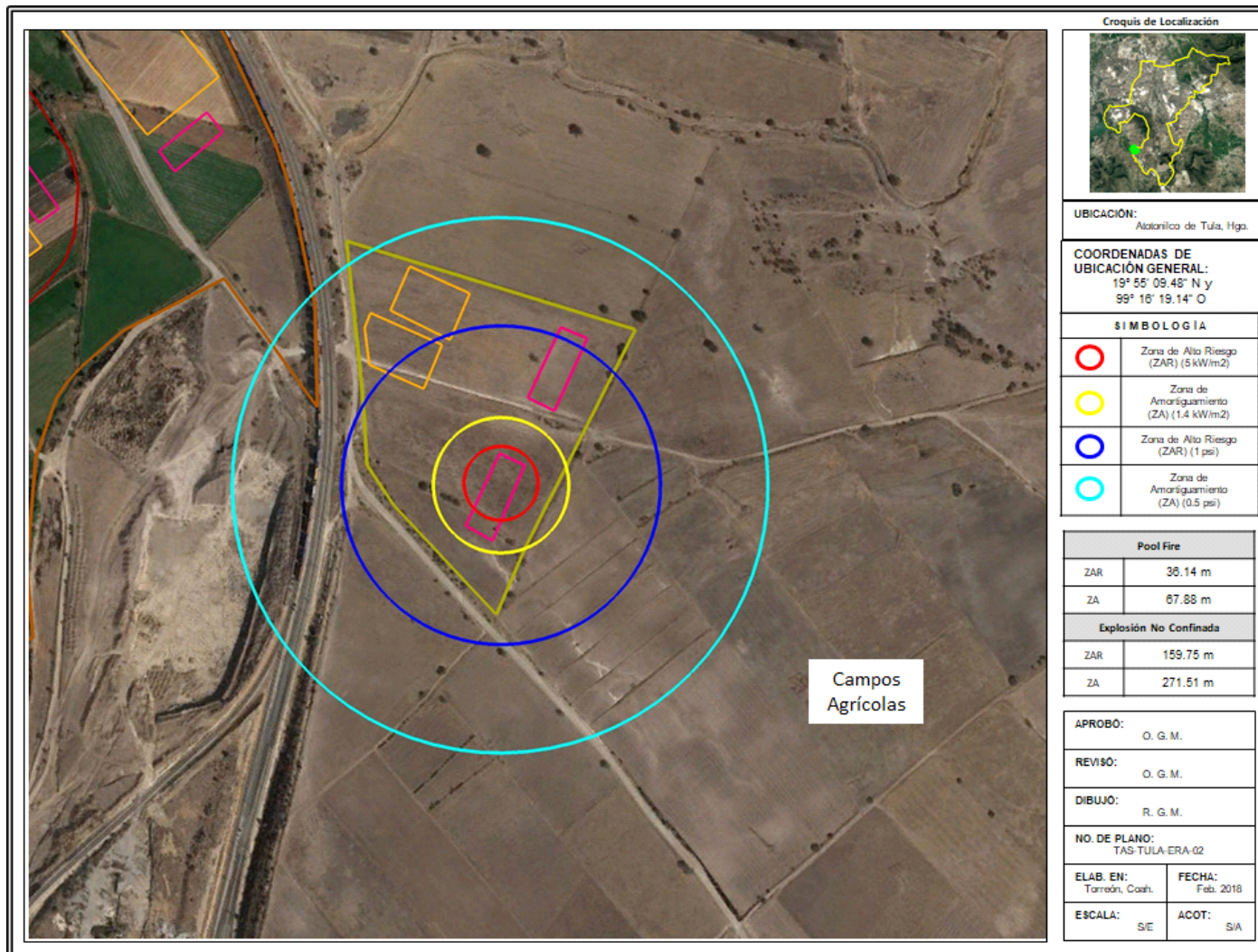
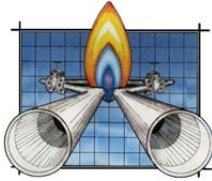


Figura 2 Radios de Afectación del Escenario 2.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 27 de 47

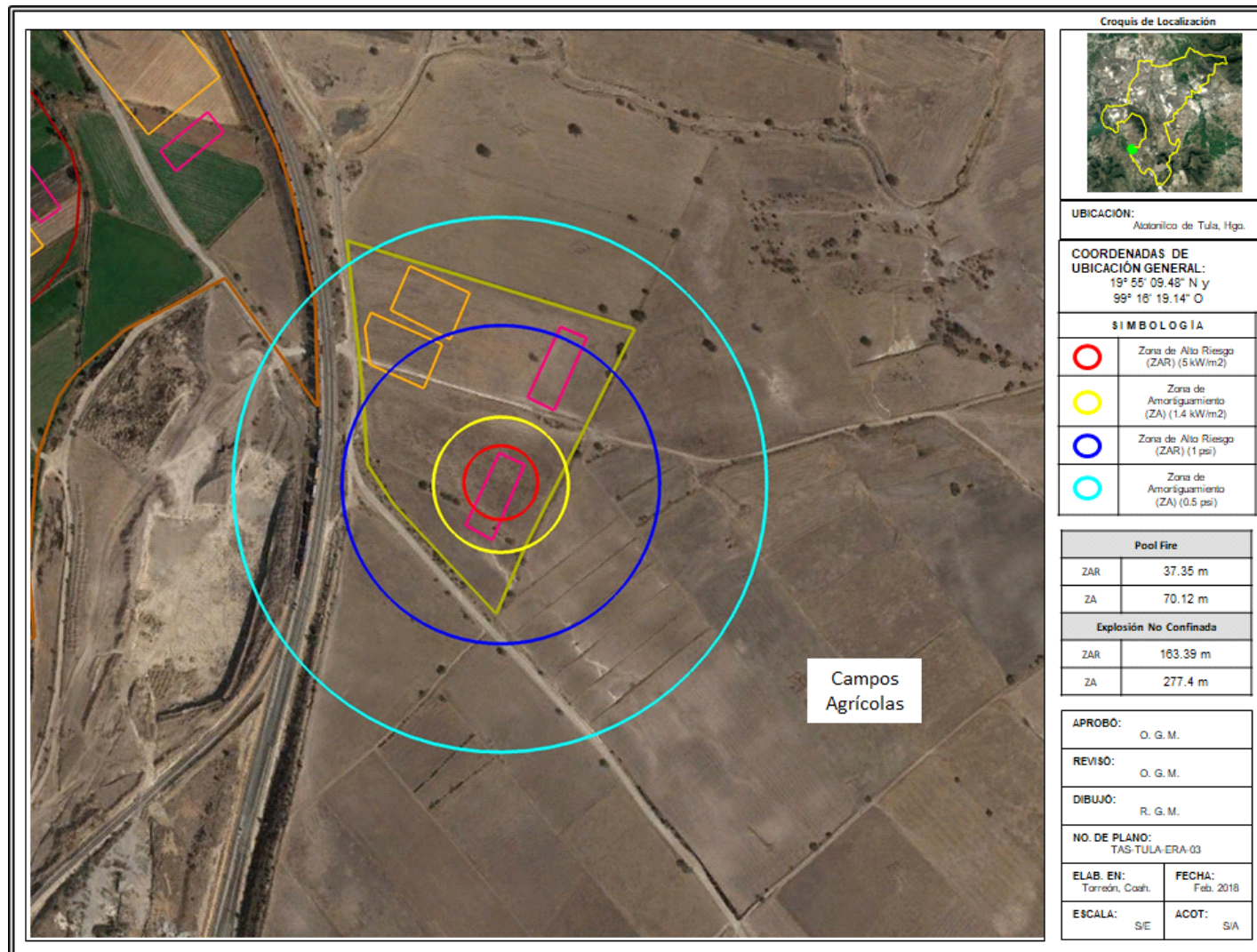
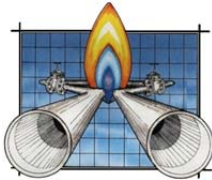


Figura 3 Radios de Afectación del Escenario 3.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 28 de 47

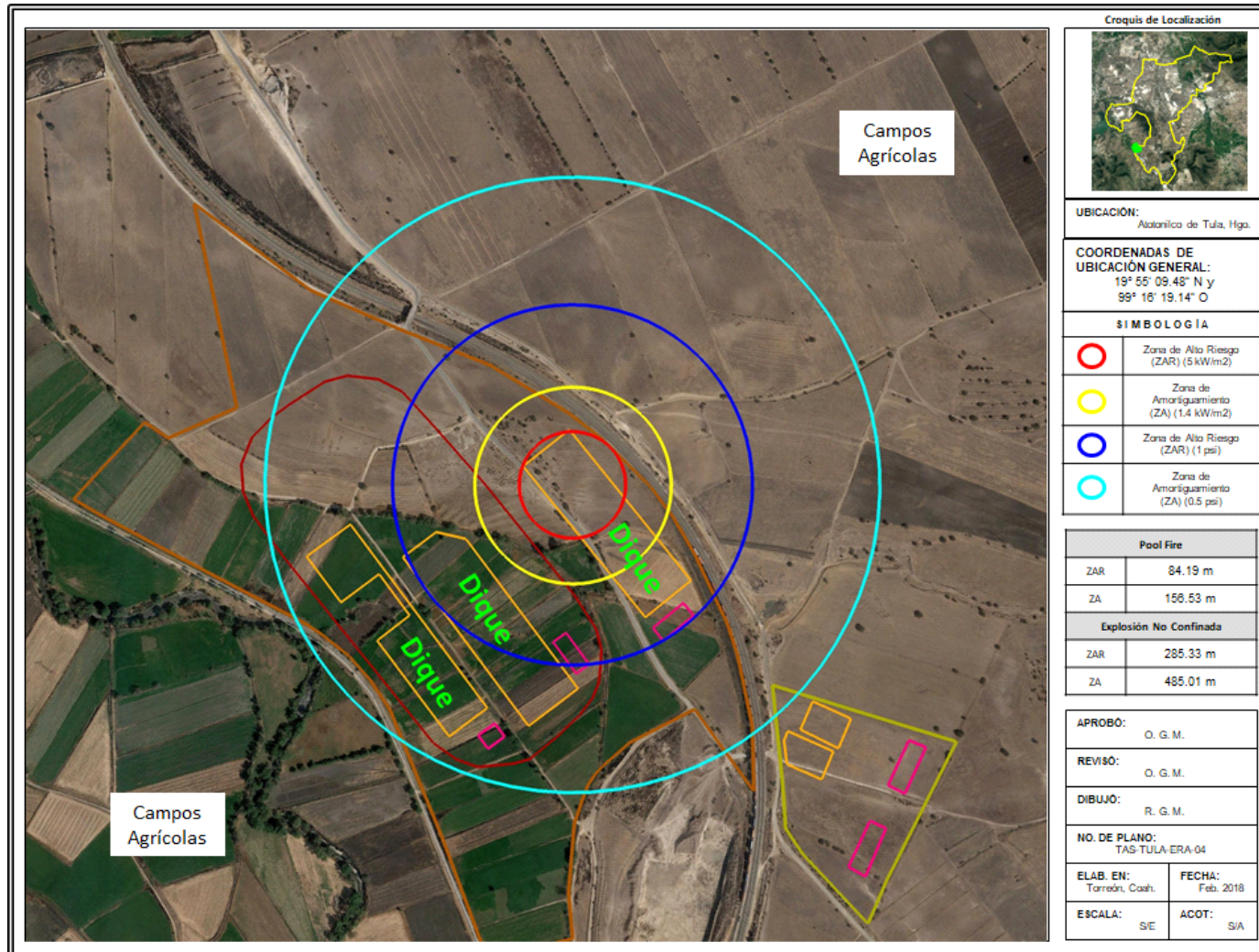
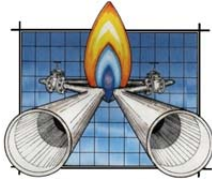


Figura 4 Radios de Afectación del Escenario 4.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 29 de 47

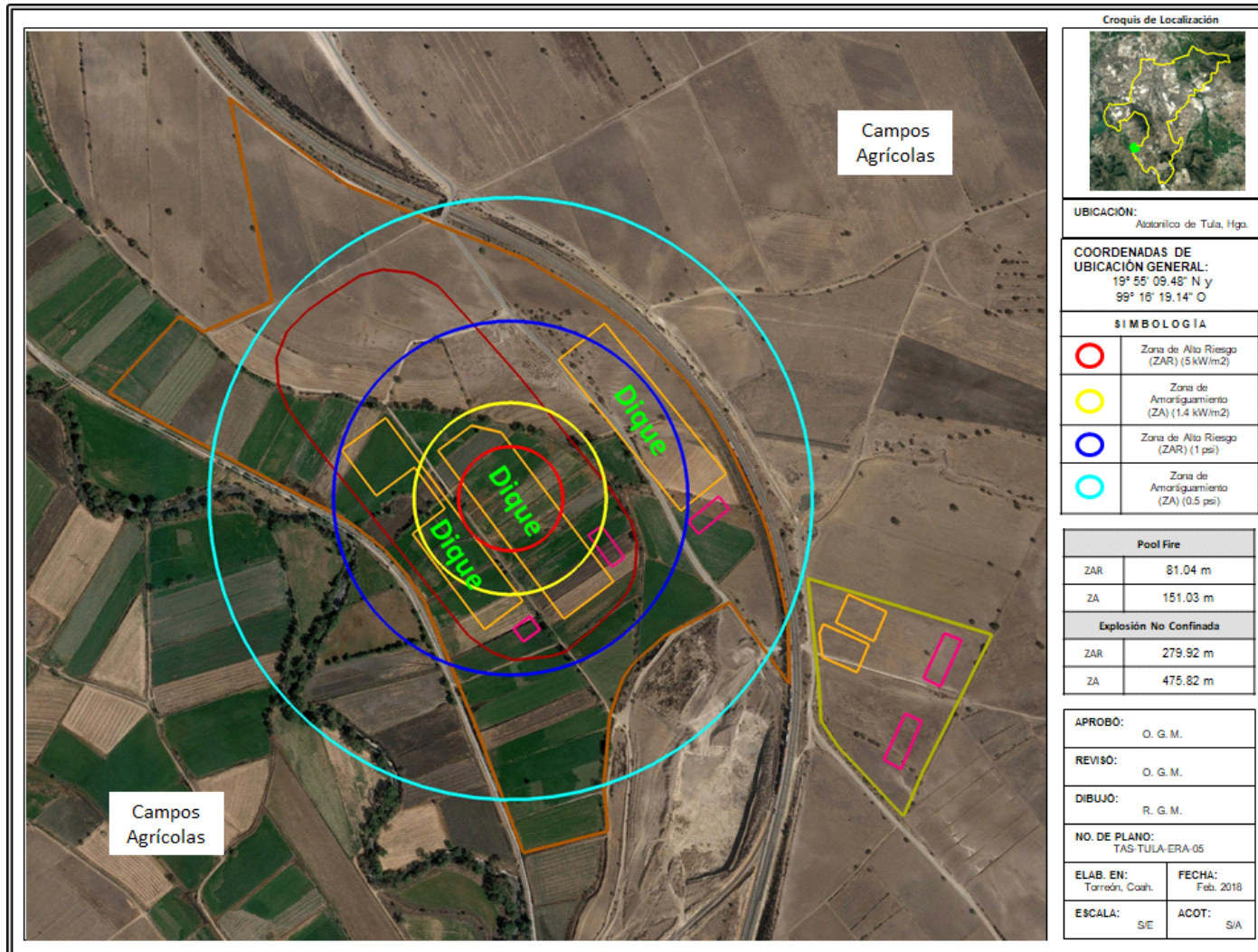
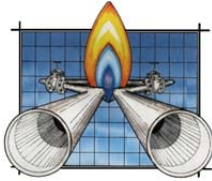


Figura 5 Radios de Afectación del Escenario 5.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 30 de 47

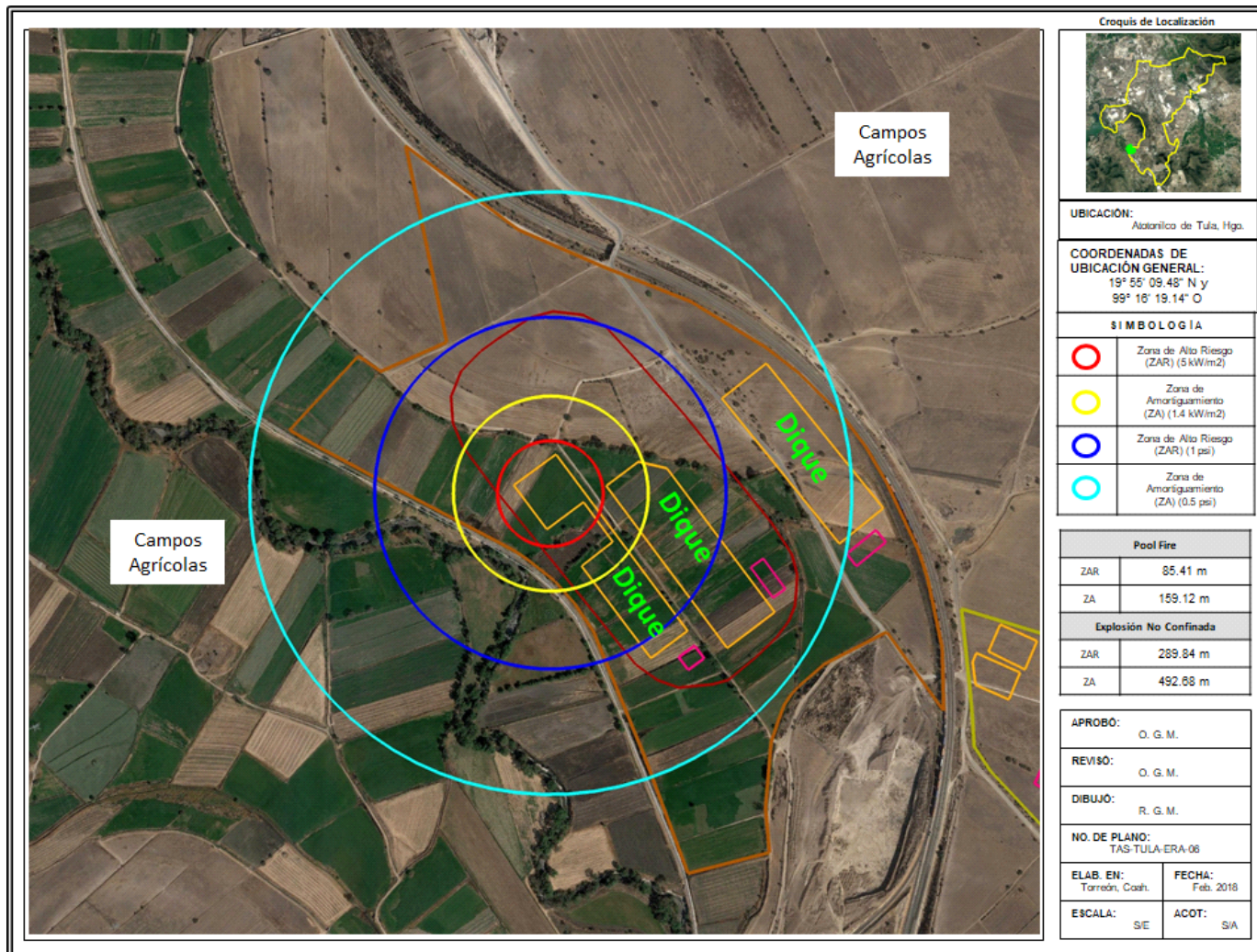
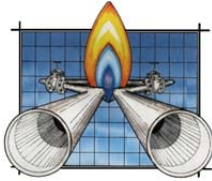


Figura 6 Radios de Afectación del Escenario 6.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 31 de 47

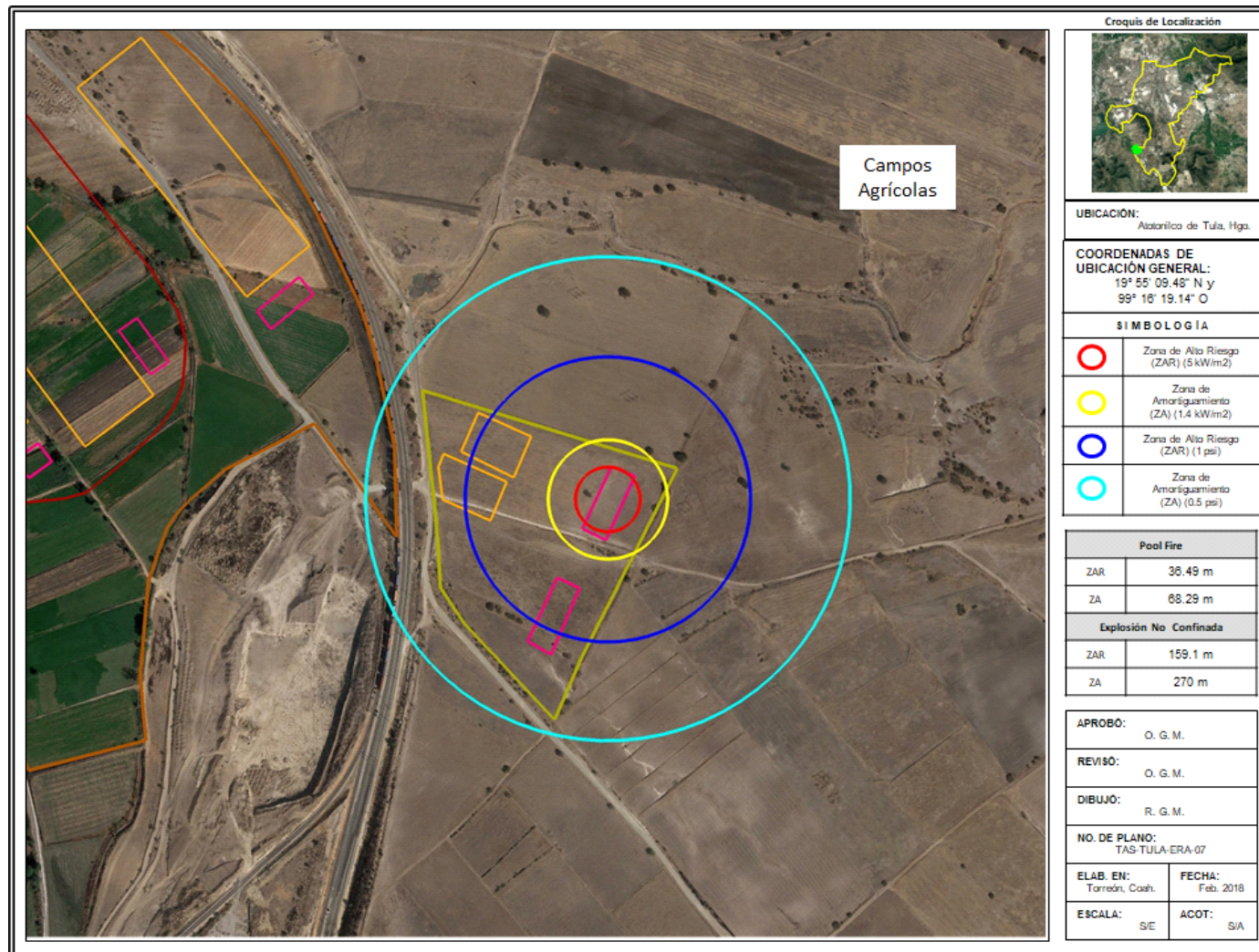
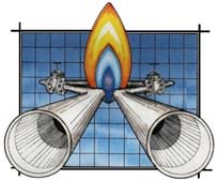


Figura 7 Radios de Afectación del Escenario 7.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 32 de 47

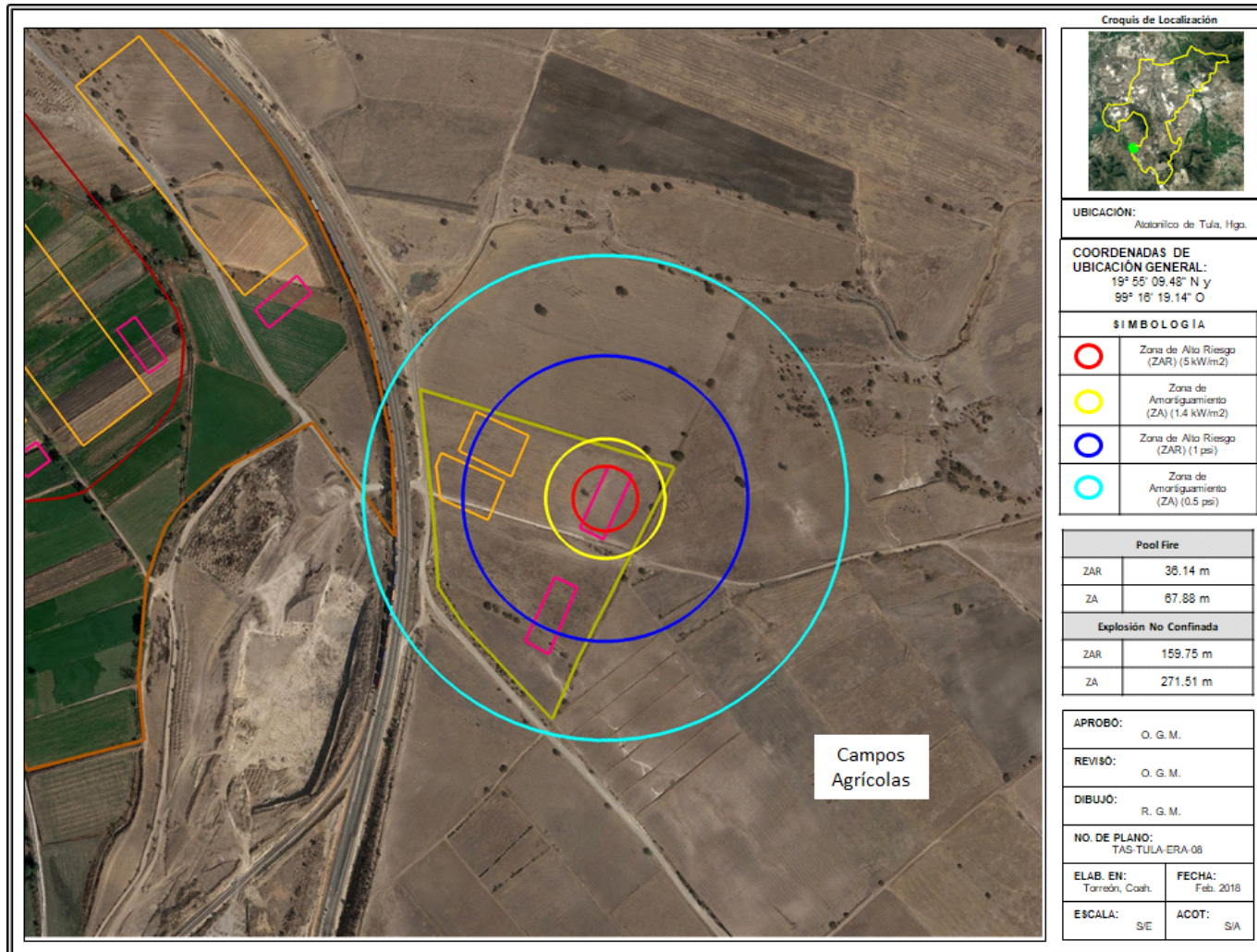
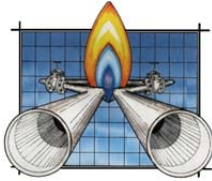


Figura 8 Radios de Afectación del Escenario 8.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 33 de 47

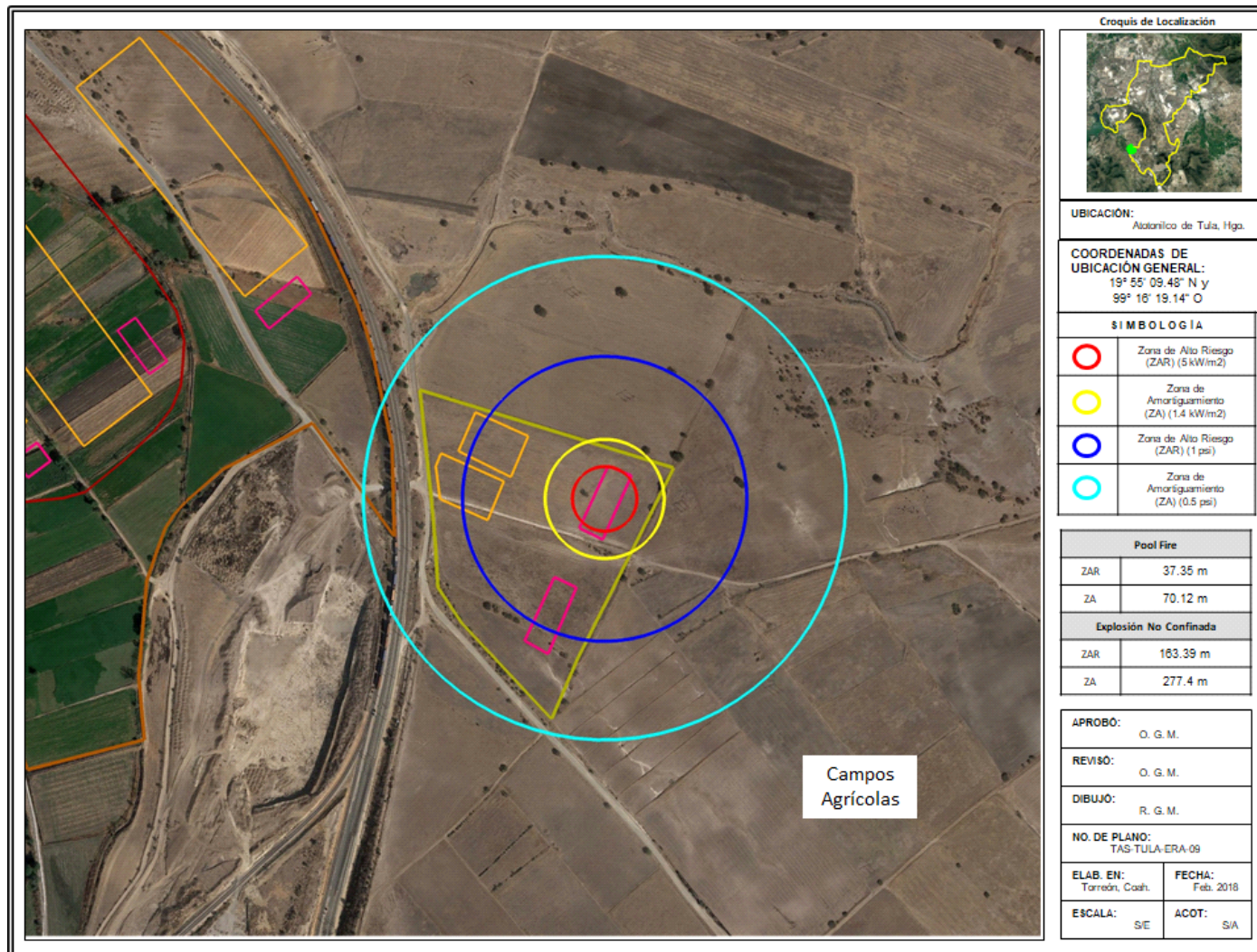


Figura 9 Radios de Afectación del Escenario 9.

Para mayor detalle, Ver Anexo 10.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 34 de 47

II.2 INTERACCIONES DE RIESGO

ESCENARIOS 1 y 7.

De acuerdo a los resultados de la simulación realizada, la Zona de Alto Riesgo (ZAR) por la formación de un charco de fuego tendrá como resultado una radiación máxima de 94.48 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 36.49 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de descarga son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques 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 de descarga, 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 localizará además el área de carga de Autotanques, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para carga/descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 36.49 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación que conformará los patines de medición para transferencia de custodia (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR que es de 36.49 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 36.49 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 68.29 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 68.29 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 70 m distancia del charco de

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
			Pág. 35 de 47

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 159.10 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de carga y descarga son inevitables, ya que en un radio de 8 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 8 m y hasta los 159.10 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 159.10 m hasta 0.5 psi a una distancia de 270.44 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.

ESCENARIOS 2 y 8.

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 81.28 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 36.14 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de descarga son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques 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 de descarga, 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 localizará además el área de carga de Autotanques, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para carga/descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 36.14 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación que conformará los patines de medición para transferencia de custodia (válvulas de

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 36 de 47

seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR que es de 36.14 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 36.14 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 67.88 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 67.88 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 70 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 159.75 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de carga y descarga son inevitables, ya que en un radio de 8 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 8 m y hasta los 159.75 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 159.75 m hasta 0.5 psi a una distancia de 271.55 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 37 de 47

ESCENARIOS 3 y 9.

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 83.35 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 37.35 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de descarga son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques 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 de descarga, 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 localizará además el área de carga de Autotanques, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 10 m desde la formación del charco de fuego en el área para carga/descarga de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 37.35 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación que conformará los patines de medición para transferencia de custodia (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 10 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 10 m y hasta una distancia de 20 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 20 m y hasta el límite de la ZAR que es de 37.35 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 37.35 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 70.12 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 70.12 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 70 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.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 38 de 47

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 163.39 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las bahías de carga y descarga son inevitables, ya que en un radio de 8 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 8 m y hasta los 163.39 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 163.39 m hasta 0.5 psi a una distancia de 277.74 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 176.03 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 84.19 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán los tanques para almacenamiento son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 30 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, 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 30 m se localizarán además otros tanques de almacenamiento, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 30 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 84.19m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo		CAPITULO	II
			FECHA	Febrero del 2018
			HOJA:	Pág. 39 de 47

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 30 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 30 m y hasta una distancia de 45 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 45 m y hasta el límite de la ZAR que es de 84.19 m, el tiempo límite para que los operadores sufran dolor severo si no se resguardan de la radiación térmica es de 13 segundos, mientras que si continúan exponiéndose durante 40 segundos o más, sufrirán quemaduras de segundo grado.

La Zona de Amortiguamiento (ZA) se encuentra a partir de los 5 kW/m² a una distancia de 84.19 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 156.53 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 156.53 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 160 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 285.33 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las áreas para almacenamiento de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 285.33 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 60 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 60 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 285.33 m hasta 0.5 psi a una distancia de 485.01 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 40 de 47

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 145.42 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 81.04 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán los tanques para almacenamiento son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 30 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, 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 30 m se localizarán además otros tanques de almacenamiento, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 30 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 81.04 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

El daño esperado en los operadores de la terminal dentro de la ZAR es el 100% de mortalidad si se exponen a la radiación térmica por más de un minuto a menos de 30 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 30 m y hasta una distancia de 45 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 45 m y hasta el límite de la ZAR que es de 81.04 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/m^2 a una distancia de 81.04 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m^2 a una distancia de 156.53 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 156.53 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 160 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.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 41 de 47

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 279.92 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las áreas para almacenamiento de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 279.92 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 60 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 60 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 279.92 m hasta 0.5 psi a una distancia de 475.82 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 150.36 kW/m^2 en el área donde ocurre el derrame hasta alcanzar 5 kW/m^2 a una distancia de 85.41 m; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán los tanques para almacenamiento son inevitables, en donde de acuerdo a los niveles de radiación alcanzados se espera la destrucción total de equipos (bombas, tanques y tuberías, principalmente) en un radio no mayor a 30 m, además de la destrucción y colapso de las estructuras de acero existentes en el área de descarga, 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 30 m se localizarán además otros tanques de almacenamiento, los cuales sufrirán los efectos directos de la radiación térmica generada por el charco de fuego y en su caso, se generarán más derrames de combustible lo cual repercutirá en un efecto dominó que incrementará los niveles de radiación y por ende los límites de la ZAR, sobrepasando por mucho los límites de la Terminal.

Posterior a los 30 m desde la formación del charco de fuego en el área para almacenamiento de combustible, los niveles de radiación tienden a bajar considerablemente hasta llegar a los 85.41 m que es donde se alcanzan los 5 kW/m^2 (límite de la ZAR), en esta zona solo se causarán daños severos a la instrumentación (válvulas de seguridad, válvulas de relevo de presión térmica, indicadores de presión, temperatura y medidores de flujo, principalmente), además del debilitamiento y pérdida de integridad mecánica del acero delgado.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 42 de 47

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 30 m de distancia del charco de fuego, posterior a los 30 m y hasta una distancia de 45 m solo se esperan quemaduras de primer grado si los operadores de la Terminal se exponen a la radiación térmica por más de 10 segundos, a partir de los 45 m y hasta el límite de la ZAR que es de 85.41 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 85.41 m hasta alcanzar valores de radiación de 1.4 kW/m² a una distancia de 159.12 m; para esta zona no se esperan daños de ningún tipo en la infraestructura mecánica, eléctrica o civil de la Terminal ni en la población aledaña, por la inexistencia de zonas habitables.

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 159.12 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 160 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 289.84 m del punto donde se genera la explosión; en esta zona las afectaciones a la infraestructura que conformarán las áreas para almacenamiento de combustibles son inevitables, ya que en un radio de 15 m la sobrepresión será suficiente para formar un cráter en el suelo considerando además la destrucción total de la infraestructura existente, posterior a 15 m y hasta los 289.84 m que es el límite de la ZAR se afectará en parte a las instalaciones de la TAS, 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 60 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 60 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 289.84 m hasta 0.5 psi a una distancia de 492.68 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 43 de 47

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 causará ninguna modificación en las condiciones del clima existente en el Sistema Ambiental del proyecto; si bien, se generarán emisiones producto de la combustión de materiales que en su momento se encuentren en contacto con el Pool Fire, éstas no serán significativas y no causarán variaciones en las condiciones micro climáticas de la zona, ya que además, la atención por parte del personal encargado de la supervisión de la Terminal será expedita y consistirá principalmente en la activación de los Planes de Atención a Emergencias y aislamiento de los sistemas en contingencia con la finalidad de cortar el suministro de combustible.	Ninguno
<u>Geología y Geomorfología:</u> La zona donde se pretende realizar la instalación de la Terminal, presenta un suelo tipo Lacustre con rocas ígneas extrusivas en su totalidad; 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 es del tipo Phaeozem y Vertisol, mismo que se caracteriza por ser un suelo salino con grandes concentraciones de sales donde la existencia de rocas es nula; al igual que la geología, la edafología del Sistema Ambiental no es un aspecto abiótico que pueda ser afectado en caso de presentarse un Pool Fire, ya que la radiación no ocasionará ningún tipo de afectación, si se considera que la radiación es únicamente superficial y afectaría a las estructuras por encima del suelo, por lo que no existirá afectaciones significativas al suelo.	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; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de un Pool Fire.	Ninguno

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 44 de 47

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 significativos, toda vez que, el proyecto se ubicará en una zona despoblada y con suelo natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo pastizal inducido, 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.	Significativo y reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna silvestre del Sistema Ambiental son significativas en caso de generarse un incendio durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en una zona natural alejada de zonas urbanas con concentraciones significativas de vegetación inducida, donde existe fauna silvestre que puede ser afectada de manera significativa en caso de presentarse un pool fire dentro de la Terminal.	Significativo

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 45 de 47

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 conformado por rocas ígneas extrusivas, 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 15 metros (promedio 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 300 psi), lo cual afectará directamente la integridad física del suelo, que en su mayor parte es del tipo Phaeozem y Vertisol, 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 distancia de la Terminal con la ubicación del Río Tula, y a los niveles de sobrepresión en esa zona, es posible que se causen afectaciones hacia los cuerpos de agua o arroyos que se localicen dentro del SA del proyecto; así mismo, en el caso de la hidrología subterránea, ésta no sufrirá afectaciones de ningún tipo producto de la generación de una explosión.	Reparable

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 46 de 47

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, el proyecto se ubicará en una zona natural donde la vegetación silvestre es abundante y es del tipo pastizal inducido, en las que serán inevitables las afectaciones producto de las ondas de sobrepresión generadas por una explosión no confinada, impactos que son considerados como reparables con la aplicación de medidas correctivas como la reforestación, sin embargo, lo anterior solo será puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se propagará en todo el Sistema Ambiental definido para el proyecto.	Reparable
<u>Fauna:</u> Las afectaciones en la fauna son mínimas en caso de generarse una explosión durante la operación de la Terminal, toda vez que, ésta se localizará en su totalidad dentro de una zona natural alejada de zonas urbanas, donde subsisten especies de fauna que pueden verse afectadas en caso de presentarse una explosión, pero únicamente se afectaría a las especies faunísticas que de manera remota se localicen dentro del Sistema Ambiental del proyecto en el momento de que se genere la situación de riesgo, sin embargo esta probabilidad es baja dadas las condiciones y solo será de manera puntual dentro de los radios de afectación planteados en los escenarios y no se 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 150 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

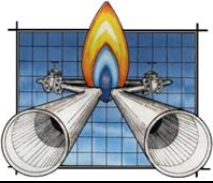
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	II
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 47 de 47

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 1 de 8

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	5

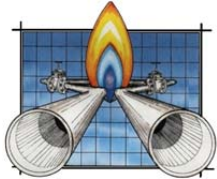
	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 2 de 8

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 8

- Instalar pararrayos en los tanques para almacenamiento de combustible.
- Realizar la medición anual de la red de tierras físicas y pararrayos por lo menos cada doce meses, mediante un laboratorio acreditado ante la ema y conforme a la NOM-022-STPS-2015.
- Verificar periódicamente el estado del sello y de la membrana flotante interna en los tanques para almacenamiento, así como la medición del nivel de explosividad dentro del tanque, para asegurar su buen funcionamiento y eficiencia de la membrana.
- Considerar que las Válvulas de Presión de Vacío cuenten con arrestador de flama.
- Considerar que los diques para contención de derrames sean específicos/individuales para cada uno de los tanques para almacenamiento de combustibles, ya que al ser compartidos son de mayor dimensiones, lo cual repercute en mayor dimensión de los radios de afectación en caso de presentarse un incendio por el derrame de combustible.
- Ya en operación, realizar la evaluación de la conformidad de la NOM-EM-003-ASEA-2016.

RECOMENDACIONES CONFORME A NOM-EM-003-ASEA-2016.

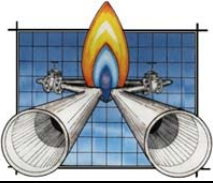
- Realizar el estudio de Mecánica de Suelos y en base a los resultados, realizar la ingeniería de detalle del proyecto.
- Realizar el estudio hidrológico, hidráulico y de socavón y en base a los resultados, realizar la ingeniería de detalle del proyecto.
- Considerar el diseño e instalación de la red de tierras físicas y pararrayos en base a lo que solicita la NOM-EM-003-ASEA-2016.
- Realizar la MTD de las vialidades, accesos y estacionamientos.
- En materia de atención a emergencias, considerar el diseño de frentes de ataque acordes a Tabla 11 de la NOM-EM-003-ASEA-2016.

III.1.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD

A) SISTEMA DE MONITOREO OPERATIVO

La operación de la planta será monitoreada a través de estaciones de trabajo que se ubicarán en el cuarto de control, en campo, en el cobertizo de contra incendio, en el área del patín de recibo de producto y de manera local en cada patín de llenado de Autotanques y Carro tanques.

La TAS 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 en tanques.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 4 de 8

Este sistema de administración operativa de la planta (TAS) 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 Carrotanques y personal en planta.

B) SISTEMAS DE SEGURIDAD FISICA

Para la seguridad física de la planta 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 planta, 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) 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 proceso, las instalaciones, al personal y al medio ambiente.

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

El equipo de bombeo para carga de Auto-tanques (Llenaderas) y Carros-tanques (Cargadero) tendrá un solo interruptor en el cabezal de succión de bombas el cual actuará sobre los arrancadores de todos estos equipos al detectar una presión de 1 kg/cm².

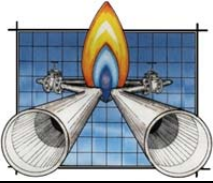
Para la protección a los equipos de Bombeo se tiene contemplado la instalación de un interruptor de baja presión (PSL) en la línea de succión y otro de alta presión (PSH) en la línea de descarga para cada bomba.

Sistema de paro por Emergencia

Es requerido en las áreas de transferencia de producto, al activarse, se deberán detener todos los flujos y activarse una indicación visual y audible.

Protección por alta presión de descarga y baja succión.

En los cabezales de descarga de las bombas a Llenaderas, se contará con interruptores de presión por alta descarga, el cual estará a un valor de 7 kg/cm², actuando sobre el arrancador de cada una de

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 5 de 8

las bombas de llenaderas y cargadero 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 enviara el producto a una recirculación aliviando la presión de línea de descarga conectada del cabezal de descarga de la bomba a la tubería de entrada del tanque de origen del producto bombeado.

Con el fin de mantener de una manera más estable la presión de operación en los cabezales de alimentación a llenaderas y del área del cargadero, se instalará una válvula de recirculación la cual actuará de manera proporcional al excedente de presión después de 5 kg/cm².

Relevo de presión por temperatura en cabezales (relevo térmico)

En todas las líneas de proceso de la planta se instalarán válvulas de alivio las cuales actuarán por sobrepresión al incrementarse la presión dentro de estas, al ocurrir un incremento de temperatura del producto al encontrarse entrampado (sin flujo por suspensión del proceso) entre válvulas, aliviando dichos excedentes a líneas de recolección las cuales lo conducirán a fosas de captación para su posterior recuperación.

III.1.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

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

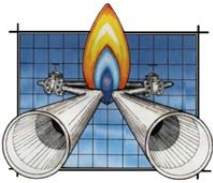
Para el control de inventarios, se contará con un sistema de administración operativa de la terminal, el cual interactuará con todos los sistemas de medición y control operativo, obteniendo a través de ellos la información necesaria para determinar la conciliación entre las entradas, salidas, e inventarios.

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

Para el control de inventarios de la planta se instalarán patines de medición, mediante los cuales se totalizará el volumen del combustible descargado por Autotankers.

Cabe señalar que los medidores considerados o contemplados serán medidores coriolis o desplazamiento positivo, en donde estos se evaluarán de acuerdo a la ingeniería básica o de detalle a manejar.

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

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos	CAPITULO	III
	Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 6 de 8

Este volumen será almacenado en los tanques de almacenamiento, en los cuales se medirá todo el producto que entre en ellos.

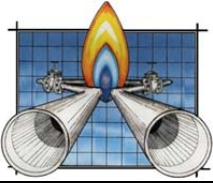
De igual manera el producto que se despache por Autotankers y Carrotankers será medido por el sistema de medición que serán instalados en cada área de llenado.

Para el cálculo de volumen en los tanques de almacenamiento se contará con medición de nivel y un promedio de la temperatura dentro de los tanques, muestreando periódicamente para determinar los parámetros necesarios para el cálculo de los volúmenes netos dentro del mismo en un periodo de 24 horas.

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

A) PROCESO DESCRIPTIVO DE URV.

1. La URV está equipada con dos idénticos vasos (absorbente y adsorbente), llenos de carbón activado. Un adsorbedor está encendido a través de una corriente que recibe los vapores en modo de absorción, mientras otro adsorbedor está fuera de la corriente en el modo de regeneración. Se proporcionan válvulas de conmutación para alternar automáticamente el absorbente entre la adsorción y regeneración, asegurando la capacidad de procesamiento. La URV se iniciará automáticamente cuando una operación de carga está en curso y apagado en modo de espera cuando la operación esté completa.
2. Durante la absorción, el hidrocarburo de entrada de la mezcla (vapor-aire) al ser procesado, fluye hacia arriba a través del adsorbedor. En el adsorbedor, el carbón activado adsorbe el vapor de hidrocarburo y permite aire limpio para ventilar desde la cama con un mínimo de hidrocarburos contenido.
3. Durante la regeneración, los hidrocarburos previamente adsorbidos, se eliminan del carbón y la capacidad del carbón para adsorber el vapor y se restaura. La regeneración del lecho de carbón es lograda con una combinación de altos niveles de vacío y la purga de aire. Al final del ciclo de regeneración, el recipiente de adsorción se vuelve a presurizar y luego se coloca de nuevo en la corriente.
4. Una bomba de vacío seco (DVP) es la fuente de vacío para regeneración del carbón. El DVP extrae vapor de hidrocarburo del lecho del carbón y descarga directamente en el dispositivo de recuperación, una columna de absorción. Para limitar la temperatura del vapor dentro del DVP, absorbente se circula a través de la camisa exterior y se inyecta directamente en la bomba de vacío.
5. En el recipiente absorbente, el vapor de hidrocarburo DVP fluye hacia arriba a través del empaque, mientras que un líquido hidrocarbonado fluye hacia abajo a través del embalaje. Dentro del adsorbedor, el vapor se licúa y se devuelve el hidrocarburo recuperado de nuevo al tanque de almacenamiento absorbente. Una pequeña corriente de aire y el vapor residual sale

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 7 de 8

de la parte superior del absorbedor y es reciclado en el lecho del carbón de la corriente para la re-adsorción.

B) SISTEMA DE DETECCIÓN DE HUMO, GAS Y FUEGO.

Se deberá implementar en las instalaciones, un sistema de detección y alarma que debe considerar humo, gas y fuego para monitorear, alertar y suprimir eventos y siniestros causados por fuga de gases tóxicos y mezclas explosivas de hidrocarburos y fuego.

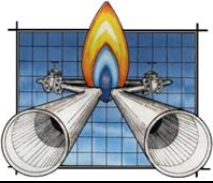
Los elementos de este sistema deben corresponder a los que se determinen en la ingeniería del proyecto y al Análisis de Riesgo de la instalación, considerando los siguientes elementos de forma enunciativa y no limitativa:

1. Detector de humo;
2. Detector térmico;
3. Detector de fuego;
4. Detector de gas combustible;
5. Detector de gas tóxico, cuando la instalación preste servicio a la Recepción o Entrega de Petroquímicos;
6. Alarmas audibles y visibles;
7. Generador de tonos y/o mensajes;
8. Altoparlantes (bocinas);
9. Estaciones manuales de alarma;
10. Procesadores;
11. Fuentes de alimentación;
12. Tarjetas de entrada / salida;
13. Enlaces de comunicación, y
14. Software.

Los detectores de humo y sistemas de detección de gas inflamable en las áreas específicas determinadas, deben estar activados permanentemente y deben activar una alarma sonora y visual en el centro de control con vigilancia permanente de la terminal de Almacenamiento y, si es necesario, en la propia área.

Los detectores de fuego deben activar alarmas sonoras y visuales en el centro de control con vigilancia permanente de la Terminal de Almacenamiento.

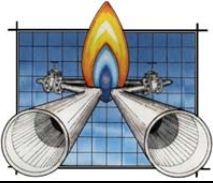
Para el punto "10.6.7.2.1 Capacidad" de acuerdo a lo indicado en la NFPA 72, se debe considerar la fuente de alimentación secundaria que deberá tener capacidad de funcionamiento del sistema en régimen de que funciona en condición no armonizada, durante un mínimo de 24 horas y al final de ese período, deberá ser capaz de todos los aparatos de notificación de alarma utilizados para evacuar o para dirigir la ayuda a la localización de una emergencia por 5 minutos.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	III
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 8 de 8

C) SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.

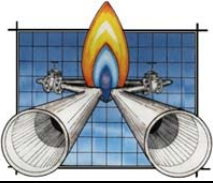
Los sistemas de Telecomunicaciones considerados en el proyecto son:

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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	IV
		FECHA	Febrero 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	IV
		FECHA	Febrero 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 Combustibles, es la incidencia de incendio y explosión por el desgaste de los tanques de almacenamiento a presión atmosférica, ya que por las condiciones de operación y por las condiciones ambientales, facilita que con el paso del tiempo y aunado a la falta o deficiencias en el mantenimiento preventivo, la integridad física de los mismos se deteriore llegando a provocar posibles fugas; por lo anterior, por lo que GNN dentro de sus sistemas de seguridad contará con la más tecnología necesaria para salvaguardar la integridad física de la Terminal, aunado a que durante la selección del sitio se consideró que los terrenos de la TAS estuvieran alejados de zonas habitacionales.

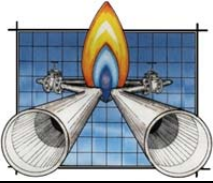
El riesgo existente en el almacenamiento de Combustibles es evidente, mismo que es controlable y de ser posible su reducción poniendo especial atención en las actividades de mantenimiento y supervisión constante en la operación de la Terminal, que para el presente proyecto se aplicarán a diario. Aunado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

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

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

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

El objetivo del presente proyecto es la construcción y operación de una nueva Terminal de Almacenamiento de Productos Petrolíferos la cual estará ligada a los programas de infraestructura impulsados por el gobierno federal.

	ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL Modalidad Análisis de Riesgos Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	IV
		FECHA	Febrero del 2018
		HOJA:	Pág. 3 de 3

La Terminal tendrá la capacidad de recibir Productos Petrolíferos Refinados por Autotanques para posterior ser despachados por Autotanques y Carrotanques.

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

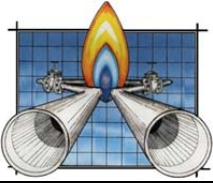
Se considera que las prácticas relacionadas con el almacenamiento, recepción y entrega de hidrocarburos, están apegadas a los criterios establecidos en normatividades aplicables. Los resultados de la identificación de riesgos probables determinados, concuerda con aquellos que generalmente resultan de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

De los eventos simulados, los de mayores consecuencias resultaron ser los relativos a la formación de un orificio de un tanque y el derrame en tuberías de conducción, pero que su probabilidad es baja, sin embargo, el diseño y construcción de la terminal 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	V
		FECHA	Febrero 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 Terminal de Almacenamiento y Suministro (TAS) Atotonilco de Tula Atotonilco de Tula, Hidalgo	CAPITULO	V
		FECHA	Febrero 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 12 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 Almacenamiento y expendio de Petrolíferos expedido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Entre otras.

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

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

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

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