

Evaluación de peligros por medio de métodos cualitativos - Metodología What If...?

El análisis ¿Qué pasa sí? (What If...?) es una técnica que no requiere de métodos cuantitativos, y tal como señala el CENAPRED, no se necesita una planeación extensiva ya que hace uso de información específica de un proceso para así generar una serie de preguntas que son pertinentes para la evaluación durante el tiempo de vida de una instalación, asimismo para cuando se efectúan cambios al proceso o a los procedimientos de operación.

Esta técnica es un método inductivo, la cual utiliza información específica de un proceso, en este caso del proceso operativo de una Planta de Distribución de GLP, en el cual se limitan al trasiego de GLP para poder formular la serie de interrogantes que se han definido con base a las características propias del proceso en cuanto a la operación y funcionamiento en general de las instalaciones, desarrollando las respuestas y evaluando éstas, incluyendo una amplia gama de posibles consecuencias, puesto que se parte de la premisa ¿Qué pasa si...?.

Tal como señala el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), ¿el Análisis What If...?, es un procedimiento de análisis de un proceso para identificar y evaluar qué podría salir o estar mal, básicamente mediante la resolución a preguntas clave (generadas por un grupo de expertos, así como por listas de verificación – checklist – apropiadas), lo cual permite hacer una identificación de protecciones contra estos eventos y estimar el riesgo contenido, además de sugerir las mejoras que sean pertinentes.

En la aplicación del método se utiliza la información técnica disponible de la Planta de Distribución de GLP., que en este caso corresponde tanto a los planos de los proyectos Civil, Mecánico, Eléctrico y Contra Incendio (servicios auxiliares estos últimos dos), además de la memoria técnico descriptiva y visitas en campo con la finalidad de verificar las condiciones en las que se encuentra la instalación, además de generar las preguntas clave de la lista de verificación y que las mismas sean acordes al proceso que se está analizando.

Como se ha mencionado, la técnica es ampliamente utilizada durante el tiempo de vida de la instalación o cuando se lleva a cabo modificaciones en el proceso, de igual manera es una herramienta que puede ser aplicada durante el proceso de diseño de una instalación nueva o previamente a la modificación de un proceso ya establecido, por lo que no se limita a casos en particular.

Justificación de la metodología What If...?

Para la operación de la Planta de Distribución de GLP se llevan a cabo únicamente operaciones de trasiego (transferencia de GLP de un recipiente a otro), por lo que el proceso es relativamente simple, limitándose a manejar el GLP mediante el sistema de trasiego, sin necesidad de efectuar reacciones químicas u operaciones unitarias

Asimismo, y de acuerdo a la naturaleza de las eventualidades que se podrían suscitar en la instalación y que están asociadas al manejo de GLP, además de la cantidad y calidad de la información disponible son las razones por las cuales se elige la Metodología o Técnica What If, la cual tiene como objetivo la evaluación de las condiciones peligrosas posibles.

Finalmente es menester mencionar que dentro de las ventajas que ofrece esta técnica o metodología, se encuentra la factibilidad para ser aplicada a cualquier proyecto, ya sea de nueva creación o en operación (como es el caso de la Planta de Distribución de GLP.), así como a posibles modificaciones de ésta; de igual manera se verifica que de acuerdo con la información de la que se dispone, la aplicación de la técnica se ajusta totalmente a ésta.

Descripción del What If...

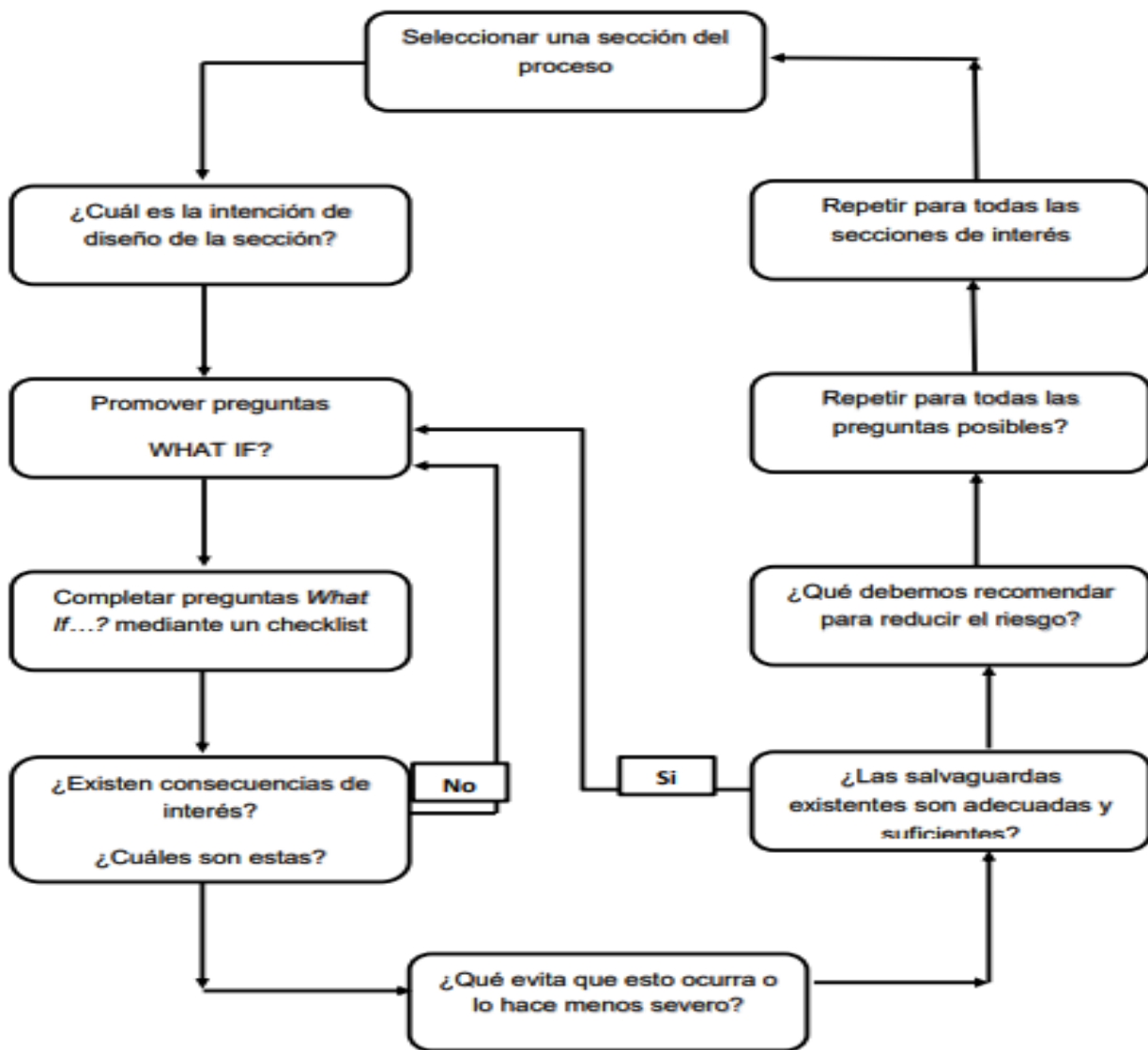
Como su nombre sugiere, el método consiste en cuestionar cuál sería el resultado por la presencia de sucesos indeseables que pudiesen provocar consecuencias adversas, por lo que para llevar a cabo la aplicación de éste es conveniente contar con documentación detallada de la instalación y de las actividades que en ella se llevan a cabo, la cual debe incluir los procesos, procedimientos operativos y en algunas ocasiones se hará uso de entrevistas directas con el personal de esta.

Durante la aplicación de esta técnica, se plantean posibles desviaciones que van desde el diseño, construcción, modificaciones al proceso o de las condiciones de operación de ésta, desviaciones en los procedimientos de operación y mantenimiento.

Es evidente que se requiere del conocimiento básico del sistema, por lo que en el caso de la instalación, se debe de caracterizar plenamente el sistema de trasiego y cualquier elemento perteneciente a la Planta de Distribución de GLP; para poder verificar las posibles desviaciones y las condiciones normales de ésta.

El resultado de la aplicación del análisis mediante la técnica What If, es una lista de los posibles escenarios de accidentes potenciales, las consecuencias de éstos, las medidas de prevención y/o mitigación con las que cuenta la planta así como las recomendaciones para reducir o minimizar las consecuencias de los mismos.

Básicamente los pasos a seguir para la identificación de riesgos a través de la técnica What If, son los siguientes:



Fuente: IMP

IMAGEN 21. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS MEDIANTE WHAT IF...

Para el caso de la Planta de Distribución de GLP., se aplicará a cada una de las áreas operativas de la misma, así como a sus sistemas auxiliares (sistema contra incendio y eléctrico), siendo los de mayor relevancia:

- Zona de almacenamiento de GLP – Un tanque con capacidad de almacenamiento de 250,000 litros al 100% de agua.
- Toma de recepción (descarga de semirremolques), y Toma de suministro (carga de semirremolques).
- Muelle de llenado de recipientes transportables (distribución de GLP, venta a usuarios finales.
- Servicios auxiliares: Sistema contra incendio, instalaciones eléctricas, además de aire de instrumentos.

Propósito del What if....

La técnica del What If..., incluye tres aspectos como parte de sus propósitos al aplicar el método como técnica del análisis de riesgo:

- Identificar condiciones y situaciones peligrosas que puedan resultar de barreras y controles inadecuados.
- Identificar aquellos eventos que pudieran desencadenar accidentes mayores.
- Generar las recomendaciones pertinentes a fin de minimizar el riesgo de la instalación, así como para mejorar las condiciones de operación.
- La aplicación del análisis What If..., se enfocó en evaluar los peligros en la Planta de Distribución de GLP.

Preguntas típicas.

Para llevar a cabo la aplicación de la técnica What If..., se realizan las siguientes preguntas típicas, mismas que son adaptadas a cada caso o área que se desea investigar en el interior de la instalación, siendo estas:

PREGUNTAS TÍPICAS DEL ANÁLISIS WHAT IF	
¿Qué pasa sí...	¿Un componente específico falla en una condición específica?
¿Qué pasa sí...	¿Un parámetro de proceso específico (presión, flujo, nivel) es anormal?
¿Qué pasa sí...	¿Una acción específica de operación o mantenimiento se efectúa incorrectamente?
¿Qué pasa sí...	¿Un evento o condición externa ocurre?

Tomando en cuenta las principales causas y consecuencias en procesos similares:

EVENTO	FALLAS PRINCIPALES
Fuga en tanque de almacenamiento	Falla en las válvulas Falla en las bombas Falla en compresor Falla en los accesorios de la tubería Sobrepresión en el tanque
Fuga en tuberías y accesorios	Falla en las válvulas Falla en los coples Falla en la soldadura Ruptura de tubos
Fuga en mangueras	Falla en los coples Falla en el dosificador Ruptura de manguera

Clasificación y evaluación de peligros.

Con el intenso estudio de cada faceta y escenarios derivados del método ¿Qué pasaría si?, las posibilidades de fugas del GLP, fueron identificadas y jerarquizadas para conocer las potenciales consecuencias de gravedad que se tendrían tanto al personal como a las instalaciones y el ambiente.

La forma de análisis de evaluación de peligros usada en este análisis de riesgos de seguridad de funcionamiento fue originada de la matriz de análisis de riesgos, la cual fue tomada del "Guidance for Preparation of a Risk Managment and Prevention Program, California Office of Emergency and Response Commision of the State of California".

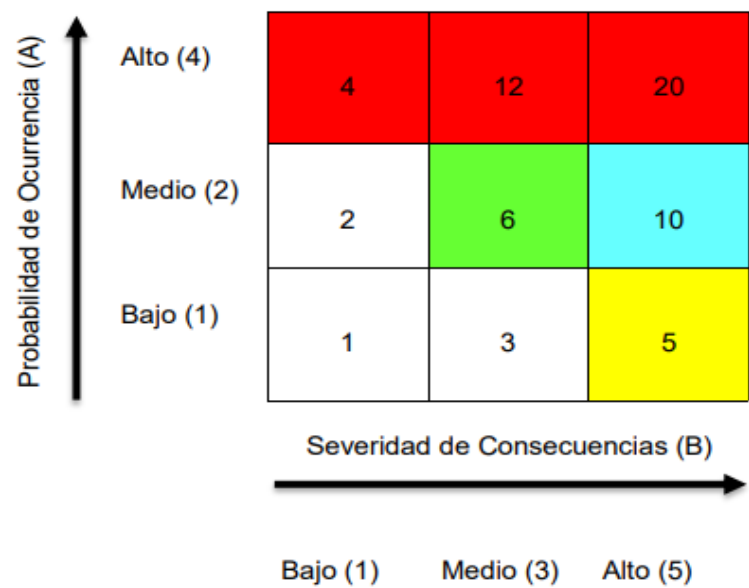
Esta matriz de análisis de riesgos se basa en la probabilidad de fuga (A) y gravedad de consecuencias por causa de una fuga de sustancias químicas altamente peligrosas (B), Análisis del factor de fuga (A·B). Para varios niveles, probabilidad de fuga (A) y gravedad de consecuencias por causa de una fuga de sustancias químicas altamente peligrosas (B) son representadas por los valores siguientes:

NIVEL	PROBABILIDAD DE UNA FUGA (A)	GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS (B)
Bajo	1	1
Mediano	2	3
Alto	4	5

PROBABILIDAD DE UNA FUGA (A)	
Bajo	Cada 100 años, no esperado en esta planta, pero puede ocurrir.
Mediano	Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta
Alto	Una vez cada 10 años.

GRAVEDAD DE CONSECUENCIAS (B)	
Bajo	Resulta en problemas en operaciones o lesión singular, o daños a la propiedad menos de \$100,000 (dólares E.U.)
Mediano	Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre \$100,000 (dólares E.U.) y \$ 1, 000,000 (dólares E.U.)
Alto	Resulta en muerte o daños a la propiedad, pérdidas de producción más de \$ 1, 000,000 (dólares E.U.)

Matriz de resultados



Factores de Análisis de Riesgo (A*B) traducidos en las siguientes acciones:

Factor Análisis de Riesgo

>8		Identifica situaciones de mayor importancia
6		Identifica situaciones de considerable importancia
5		Puede requerirse planeación para eventos creíbles
4, 12, o 20		Situaciones consideradas con alta probabilidad de ocurrencia requerirá análisis de consecuencias fuera de sitio sobre esos escenarios

RESPONSABLES IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS Y EMISIÓN DE RECOMENDACIONES – METODOLOGÍA WHAT IF		
Nombre	Área	Firma
IQP Lauro Mauricio Lemus Ramírez	Riesgo	
IA Liz Yanet Maldonado Guzmán	Ambiental	
IM Josue Gutiérrez Arroyo	Integridad Mecánica y Diseño	

ÁREA: TOMA DE RECEPCIÓN GAS LP								
ACTIVIDAD: DESCARGA DE GAS LP DEL SEMIRREMOLQUE O SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO								
NODO: SEMIRREMOLQUE								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvuardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
1	el motor del semirremolque no se apaga al momento de iniciar con la descarga del producto al tanque de almacenamiento?	Posible generación de explosiones a la salida del escape del semirremolque, originando incendio o explosión en caso de haber acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	. Descuido del chofer del semirremolque. - Desconocimiento del procedimiento para la descarga de GAS LP al semirremolque.	2	3	6	-Paro de emergencia . Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar de manera visual y auditiva que el motor del semirremolque se encuentre apagado. - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-No proceder con la descarga del Gas LP del semirremolque al tanque de almacenamiento si el motor del semirremolque se encuentra en funcionamiento
2	el chofer y/o el operador de la instalación no conecta a tierra física la estructura del semirremolque?	Posible generación de estática originando incendio o explosión en caso de haber	. Descuido del chofer y/o del operador de la instalación	2	3	6	. Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar de manera visual y física	-No proceder con la descarga del Gas LP del semirremolque al tanque de almacenamiento si no se encuentra aterrizado a tierra física.

		acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	Desconocimiento del procedimiento para la descarga de GAS LP al semirremolque.				que la estructura del semirremolque esté conectado a tierra física. - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
3	el chofer y/o el operador para la descarga del semirremolque tienen a la mano algún equipo electrónico que pueda generar chispa o algún objeto que genere alguna llama?	Posible generación de estática o fuente de ignición originando incendio o explosión en caso de haber acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	. Descuido del operador y/o chofer. - Desconocimiento del procedimiento para la descarga de GAS LP al semirremolque.	2	3	6	. Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar que no se tenga en la mano ningún equipo electrónico o fuente de ignición al momento de la descarga de petrolíferos. - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos	-No proceder con la descarga del Gas LP del semirremolque al tanque de almacenamiento si el operador usa equipos electrónicos o fuentes de ignición

							por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
4	el chofer no pone el freno estacionario del semirremolque, así como los topes-tranca de goma (hule de alta resistencia)?	Posible desplazamiento del semirremolque originando desprendimiento o fractura de la manguera que liberará Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador. - Desconocimiento del procedimiento para la descarga de GAS LP al semirremolque.	4	3	12	--La toma 1 en la línea que conduce gas-liquido cuenta con válvula pull-away, válvula exceso de flujo, una válvula de seguridad para línea, válvula de globo recta, indicado de flujo (mirilla) no retroceso y una válvula de actuación remota con actuador neumático. --La toma 2 en la línea que conduce vapor cuenta cuenta con válvula pull-away, una válvula de seguridad para línea, válvula de globo recta y una válvula de actuación remota con actuador neumático. . Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar de manera visual que los topes-tranca se encuentren colocados de tal manera que atraquen las llantas del semirremolque. - - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia	-No proceder con la descarga del Gas LP del semirremolque al tanque de almacenamiento si la unidad no tiene activado el freno estacionario

							-Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
ÁREA: TOMA DE RECEPCIÓN GAS LP								
ACTIVIDAD: DESCARGA DE GAS LP DEL SEMIRREMOLQUE O SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO NODO: MANGUERAS Y ACCESORIOS PARA RECEPCIÓN SEMIRREMOLQUE								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
5	las mangueras para la descarga del semirremolque están en mal estado (rotos, fisurados, aplastados)?	Posible liberación Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador -Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo.	4	3	12	. Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar de manera visual que los conectores rápidos y mangueras para la descarga estén en buen estado. - - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un	-No proceder con la descarga del Gas LP si las mangueras para la descarga están rotos, fisurados o aplastados.

							gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
6	no se realiza de manera correcta la conexión de la manguera y accesorios para la descarga entre el semirremolque y el tanque de almacenamiento?	Posible liberación Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador	4	3	12	. Procedimiento para la descarga del semirremolque. -Verificar de manera visual que los conectores rápidos y mangueras para la descarga estén en buen estado. - - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-No proceder con la descarga del Gas LP si la conexión de la manguera y accesorios se encuentran desacoplados

7	hay una falla en el acoplador REGO del semirremolque?	Posible liberación Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador	2	5	10	-- Válvula de exceso de flujo y válvula de globo recta (operación manual) del semirremolque -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-No proceder con la descarga del Gas LP si el acoplador se encuentra desacoplado
8	¿Qué pasa si la cantidad de GLP liberado por la válvula de seguridad no sea lo suficiente para reducir la sobrepresión en el semirremolque y el incendio no ha sido controlado?	El recipiente del semirremolque continúa calentándose y se alcanza la temperatura límite de sobrecalentamiento, entonces se producirá la nucleación espontánea en toda la masa de líquido. La fase líquida comenzará a evaporarse aumentando la presión interna del recipiente y si aunado a esto las válvulas de seguridad fallaran se presentaría una BLEVE.	. Mal diseño de la instalación	2	3	6	_Las válvulas de seguridad del semirremolque deberán estar protegidas contra la intemperie. -Mantener vigente el dictamen de la NOM-007 -SESH-2010. Vehículos para el transporte y distribución de gas L.P. -Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento. --Mantener el área libre de materiales combustibles. --La cisterna o tanque de almacenamiento de agua debe contener, cuando menos, el 70% de su capacidad. --Disponer de al menos dos equipos de protección personal para combate de incendio en buenas condiciones.	_Revisar las especificaciones de la válvula.

9	durante la descarga el operador no se abre la válvula de cierre rápido de 2" que se encuentra en una de las líneas de gas líquido?	Golpe de ariete en la unión bridada de la válvula con posible formación de una fuga a través de éstas.	. Descuido del operador	2	1	2	--Se cuenta con válvulas de relevo hidrostático de 1/2" de diámetro. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-No proceder con la descarga del Gas LP si la válvula de cierre rápido se encuentra cerrada
ÁREA: TOMA DE RECEPCIÓN GAS LP								
ACTIVIDAD: DESCARGA DE GAS LP DEL SEMIRREMOLQUE O SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO NODO: COMPRESOR BLACKMER LB-361								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
10	durante la descarga toda la fase líquida del semirremolque siguiera funcionando el compresor?	Se inyectaría vapor en la fase líquida del recipiente de almacenamiento favoreciendo la vaporización de éste dentro del recipiente.	. Descuido del operador	2	1	2	-- La línea de líquido cuenta con un indicador visual de flujo tipo no retroceso (mirilla). --Se cuenta con válvulas de relevo hidrostático de 1/2" de diámetro. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un	-Revisar la mirilla en diferentes intervalos de tiempo durante la descarga, en el momento de no ver producto, el compresor deberá ser detenido.

							gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
11	no se opera correctamente la válvula de 4 vías y se colocará en posición para suministrar líquido?	Sobrepresión en la línea de gas líquido en el tramo donde se encuentra el indicador visual de flujo de tipo no retroceso	Descuido del operador	2	1	2	- Indicador de flujo tipo no retroceso. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-- Capacitar al personal para la descarga segura de semirremolques
12	no se opera correctamente la válvula de 4 vías y se colocará en posición para recuperar vapores?	No se podría realizar la operación de descarga del semirremolque y se estaría inyectando vapor a la fase líquida del recipiente de	Descuido del operador	2	1	2	-- En la línea de gas vapor de la toma de recepción se cuenta con una válvula de exceso de flujo de 2" de diámetro, una válvula de globo recta y una válvula de actuación remota con actuador neumático. -Paro de emergencia	-- Capacitar al personal para la descarga segura de semirremolques

		almacenamiento temporal de GLP para la recuperación de vapores. Además, de favorecer la formación de vapor dentro del semirremolque.					-Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
ÁREA: ZONA ALMACENAMIENTO								
ACTIVIDAD: ALMACENAMIENTO GAS LP NODO: TANQUE 250,000 LITROS								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
13	el tanque de almacenamiento se sobrellenará?	En caso de un aumento en la temperatura ambiente existe peligro de sobrepresión en el recipiente debido a que sería imposible mantener la fase líquida, por lo que, ante la sobrepresión, el gas comenzaría a desfogar a través de una de las válvulas de seguridad montada en el	Mala operación del tanque de almacenamiento	2	5	10	--El tanque cuenta con dos múltiples bridados de 102 mm (4") de diámetro. Cada múltiple cuenta con cuatro válvulas de seguridad marca Rego modelo A3149MG de 64 mm (2 ½") con capacidad individual de 307 m³/min. -- Cada tanque cuenta con un medidor de tipo magnético para gas líquido marca Rochester modelo Magnatel de 25.4 mm de diámetro, un manómetro marca Metron con graduación de	-- Capacitar al personal para la descarga segura de semirremolques

		aditamento múltiple, en caso de que la presión al interior no se estabilice, el mecanismo del aditamento múltiple activará el secuenciado de válvulas. La liberación continua de Gas LP causaría formar una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir un incendio o explosión					0 a 21 kg/cm2 y un termómetro Marcar Rochester con graduación de -60° C a 40°C. --Dos válvulas de máximo llenado marca Rego modelo 3165 ubicadas al 85 y al 90 % de volumen. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
--	--	--	--	--	--	--	--	--

14	derivado de una explosión, un fragmento de un equipo o recipiente golpea al tanque de almacenamiento?	A consecuencia de un golpe ocasionado por un fragmento se perdería la contención del recipiente dando lugar a la liberación instantánea de grandes cantidades de gas L.P. en estado líquido. El material liberado en caso de encontrar una fuente de ignición originaría la explosión BLEVE debido a la rápida expansión por la ebullición del líquido liberado.	Alguna explosión en zona de llenaderas recipientes portátiles o autotanques	1	5	5	--El tanque se encuentra ubicado fuera de zonas de riesgo o incidencias. --Cada cinco años se realiza la medición ultrasónica de espesores a los recipientes tipo no portátil que contienen gas l.p. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	Aplicar mantenimientos a los sistemas de trasiego. Realizar medición ultrasónica de espesores al recipiente cada cinco años de conformidad con lo señalado en la NOM-013- SEDG-2002.
15	un semirremolque, autotanque o algún proyectil golpea al tanque de almacenamiento?	A consecuencia de un golpe ocasionado por un semirremolque, autotanque o algún proyectil se perdería la contención del recipiente dando lugar a la liberación instantánea de grandes cantidades de gas l.p. en estado líquido. El material liberado en caso de encontrar una	Algún semirremolque, autotanque o proyectil	1	5	5	--El tanque se encuentra ubicado fuera de zonas de riesgo o incidencias. --Cada cinco años se realiza la medición ultrasónica de espesores a los recipientes tipo no portátil que contienen gas l.p. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un	Establecer limites de velocidad para semirremolques o autotanques dentro de las instalaciones Delimitar las áreas de circulación Colocar barreras de protección para frenar a los semirremolques o autotanques Capacitar al personal para manejar vehículos pesados.

		fuelle de ignición originaría la explosión BLEVE debido a la rápida expansión por la ebullición del líquido liberado.					gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
16	si el tanque de almacenamiento presenta perdida de contención por corrosión?	A consecuencia de desgaste (disminución del espesor) de la pared del cilindro y sus tapas (tanque de almacenamiento) se perdería la contención del recipiente dando lugar a la liberación instantánea de grandes cantidades de gas l.p. en estado líquido. El material liberado en caso de encontrar una fuente de ignición originaría la explosión BLEVE debido a la rápida expansión por la ebullición del líquido liberado.	Descuido de la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad del tanque de almacenamiento	1	5	5	--Cada cinco años se debe realiza la medición ultrasónica de espesores del tanque de almacenamiento de gas L.P. --Realizar pruebas de líquidos penetrantes en soldaduras - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	Aplicar mantenimientos al tanque de almacenamiento. Realizar medición ultrasónica de espesores al recipiente cada cinco años de conformidad con lo señalado en la NOM- 013- SEDG-2002.

17	la tubería, codos, válvulas y demás accesorios no son pared sencilla acero al carbón cédula 40 como mínimo?	Posible liberación de Gas LP por pérdida de integridad física de la tubería o accesorio que es sometido a mayor presión de su diseño causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle.	1	2	2	-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-En caso de identificar que las tuberías y accesorios no cumplan con las características de diseño, estos deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación
18	la tubería eléctrica y las cajas de registro no son a prueba de explosión?	En caso de haber emisión de Gas LP y este se encuentre dentro de tuberías y accesorios para instalaciones eléctricas, este se acumulará dentro de estas y en caso de haber chispa o fuente de ignición podrían generar un incendio o explosión	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle.	1	2	2	-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-En caso de identificar que las tuberías y accesorios de instalaciones eléctricas no cumplan con las características de diseño, estos deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación
19	las tuberías para la conducción y retorno de GAS LP no son herméticas?	Emisión y acumulación de Gas LP formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido de la integridad mecánica y aseguramiento de las tuberías	1	2	2	. Realizar las pruebas de hermeticidad y de ultrasonido a las tuberías. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia	. -En caso de identificar que las tuberías para la conducción y retorno de GAS LP no son herméticas, estas deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación

							-Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
ÁREA: TOMA SUMINISTRO AUTOTANQUES								
ACTIVIDAD: TRASIEGO DE GAS LP DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LOS AUTOTANQUES								
NODO: AUTOTANQUE								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
20	el operador no verifica las condiciones físicas (volumen/presión/temperatura) en el interior del autotanque previo a realizar la carga de GLP?	Sobrellenado del autotanque, generando una sobrepresión dentro del recipiente, lo que conllevaría al desfogue la válvula de seguridad. Una incorrecta nivelación de presiones causaría una sobrepresión en el autotanque y la apertura de la válvula de seguridad.	. Descuido del operador	2	1	2	Los autotanques cuentan con indicador de nivel, manómetro y termómetro. El autotanque cuenta con válvula interna, constituida por una válvula de exceso de flujo integrada a una válvula de cierre rápido, con accionamiento a control remoto. --La toma 1 en la línea que conduce gas-liquido cuenta con válvula de exceso de flujo, válvula manual de globo recta, una válvula de actuación remota con actuador neumático y una válvula pull-away.	-Si cualquiera de estas variables se encuentra fuera de rango, el operador deberá suspender la operación. Asimismo, se deberá llevar un control de estas mediciones, mediante el llenado de una "Hoja de Control". -Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura la carga de producto al semirremolque.

		Temperatura mayor incremento en la presión dentro del recipiente. Liberación instantánea de GLP al ambiente que ante una fuente de ignición puede explotar y/o inflamarse, siempre y cuando esta se encuentre dentro de sus límites de explosividad.					- - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
21	el motor del autotanke no se apaga al momento de iniciar la carga del producto al semirremolque?	Posible generación de explosiones a la salida del escape del autotanke, originando incendio o explosión en caso de haber acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	. Descuido del chofer del autotanke. - Desconocimiento del procedimiento para la carga de GAS LP al semirremolque.	1	3	3	--Procedimiento para la carga del autotanke. -Verificar de manera visual y auditiva que el motor del semirremolque se encuentre apagado. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores,	-No proceder con el trasiego del Gas LP del tanque de almacenamiento al autotanke si el motor de este se encuentra funcionando -Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura el llenado de los autotankes

							dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
22	el chofer y/o el operador de la instalación no conecta a tierra física la estructura del semirremolque?	Posible generación de estática originando incendio o explosión en caso de haber acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	. Descuido del chofer y/o del operador de la instalación Desconocimiento del procedimiento para la descarga de petrolíferos al semirremolque.	1	3	3	. Procedimiento para la carga del autotank. -Verificar de manera visual y física que la estructura del autotank esté conectado a tierra física. .-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-No proceder con el trasiego de Gas LP del tanque de almacenamiento al autotank si no se encuentra conectado a tierra física -Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura la carga de producto al autotank.
23	el chofer no pone el freno estacionario del semirremolque, así como los topes-tranca de goma (hule de alta resistencia)?	Posible desplazamiento del semirremolque originando desprendimiento o fractura de la manguera que liberará Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición,	. Descuido del operador. - Desconocimiento del procedimiento para la descarga de petrolíferos al semirremolque.	4	3	12	--La toma 1 en la línea que conduce gas-liquido cuenta con una válvula pull-away, válvula de seguridad para línea, válvula manual de globo recta, válvula de exceso de flujo, una válvula de actuación remota con actuador neumático. --La toma 2 en la línea que conduce vapor cuenta con una válvula pull-away, válvula de seguridad para línea, válvula manual de globo recta, válvula de exceso de flujo, una	--No proceder con el trasiego de Gas LP del tanque de almacenamiento al autotank si no se encuentra activado el freno estacionario y los topes – tranca de goma -Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura la carga de producto al autotank.

		podría ocurrir una explosión					válvula de actuación remota con actuador neumático. --El autotank cuenta con válvula interna, constituida por una válvula de exceso de flujo integrada a una válvula de cierre rápido, con accionamiento a control remoto. --Procedimiento para la carga del autotank. -Verificar de manera visual y auditiva que el motor del semirremolque se encuentre apagado. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
--	--	------------------------------	--	--	--	--	---	--

24	el chofer y/o el operador de la instalación durante la carga del semirremolque tienen a la mano algún equipo electrónico que pueda generar chispa o algún objeto que genere alguna llama?	Posible generación de estática o fuente de ignición originando incendio o explosión en caso de haber acumulación o fuga de Gas LP al momento de la operación.	. Descuido del operador y/o chofer. - Desconocimiento del procedimiento para la descarga de petrolíferos al semirremolque.	4	3	12	--Procedimiento para la carga del autotank. -Paro de emergencia - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura la carga de producto al semirremolque. -El chofer y/o el encargado de la instalación deberán de ingresar al área de tanques sin equipos electrónicos que generen estática o fuentes de ignición.
ÁREA: TOMA SUMINISTRO AUTOTANQUES								
ACTIVIDAD: TRASIEGO DE GAS LP DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LOS AUTOTANQUES								
NODO: MANGUERAS Y ACCESORIOS PARA LLENADO AUTOTANQUE								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
25	los conectores rápidos y mangueras para la carga de GAS LP al autotank están en mal estado (rotos, fisurados, aplastados)?	Posible liberación Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición,	. Descuido del operador -Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo.	4	3	12	. Procedimiento para la carga de autotank. -Verificar de manera visual que los conectores rápidos y mangueras para la carga estén en buen estado. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un	-No proceder con la descarga del Gas LP si las mangueras para la descarga están rotos, fisurados o aplastados.

		podría ocurrir una explosión					gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
26	no se realiza de manera correcta la conexión de los conectores rápidos y mangueras para la carga de Gas LP entre el tanque de almacenamiento y el semirremolque?	Posible liberación Gas LP, causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador	4	3	12	. Procedimiento para la descarga del autotanque. -Verificar de manera visual que los conectores rápidos y mangueras para la descarga estén en buen estado. - - Colocar los extintor carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC a un costado del semirremolque. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	--No proceder con la descarga del Gas LP si la conexión de la manguera y accesorios se encuentran desacoplados

ÁREA: TOMA DE RECEPCIÓN GAS LP								
ACTIVIDAD: DESCARGA DE GAS LP DEL SEMIRREMOLQUE O SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO								
NODO: BOMBA BLACKMER LG-3E								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
27	no se realiza la apertura de las válvulas de alimentación al autotanque o la válvula de paso de la toma de suministro y se encuentra en operación la bomba?	Se tendría un incremento en la presión de GLP en las líneas de conducción y se abrirían las válvulas de relevo hidrostático, originando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido del operador	2	1	2	-Válvula de retorno automático (By-pass). -Junto a cada bomba se tiene instalado un extintor de PQS de 9 kg de capacidad. -Paro de emergencia.	. Capacitar al personal para que pueda identificar los equipos críticos y accesorios y aplicarles el mantenimiento preventivo y/o correctivo aplicado. -Capacitar al personal para que pueda ejecutar de manera segura la carga de GAS L al semirremolque – Aplicar programas de mantenimiento preventivo y correctivo
28	si hubiera restricciones en la tubería de entrada a la bomba?	Causaría vaporización del líquido y cavitación dentro de la misma. Ocurriría una caída de presión, la cual provocaría un mal funcionamiento en la bomba.	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle	1	1	1	No hay ningún elemento que causa obstrucción a la entrada de la bomba	Verificar el diseño, operación e instalación de accesorios.

29	se instalarán los accesorios restrictivos o codos cerca de la apertura de entrada a la bomba?	Aumentaría la cavitación en la bomba. Se tendría una caída de presión. Podría ocurrir una turbulencia en el flujo.	-Cambios al diseño sin análisis de consecuencias	1	1	1	No se tienen instalados accesorios restrictivos cerca de la apertura de entrada a la bomba.	-Verificar el diseño, operación e instalación de accesorios.
30	hay inclinación de la tubería conectada a la bomba?	Cavitación de la bomba. Existiría vaporización en la tubería de entrada a la bomba	-Cambios al diseño sin análisis de consecuencias	1	1	1	Se tiene una válvula de retorno automático (By pass)	-Verificar el diseño y la instalación de la bomba. -En la instalación se debe hacer un desnivel en la tubería de una o dos pulgadas, en diez pies de longitud entre la bomba y el tanque de almacenamiento, ya que permitirá que el gas fluya hacia el tanque y sea reemplazado por el líquido.
31	hubiera un calentamiento del motor o sobrecarga del interruptor?	Daños a la bomba por sobrecalentamiento del motor. Retardo en la operación.	Falta de mantenimiento preventivo	1	1	1	Paro de emergencia	- Aplicar programas de mantenimiento preventivo y correctivo
32	la tubería, codos, válvulas y demás accesorios no son pared sencilla acero al carbón cédula 40 como mínimo?	Posible liberación de Gas LP por pérdida de integridad física de la tubería o accesorio que es sometido a mayor presión de su diseño causando emisión de materia inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle	1	2	2	-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-En caso de identificar que las tuberías y accesorios no cumplan con las características de diseño, estos deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación

33	la tubería eléctrica y las cajas de registro son a prueba de explosión?	Posible generación de chispa o llama dentro de la tubería, originando: - Incendio o explosión. - Daños a las instalaciones.	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle.	1	2	B	-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	. Capacitar al personal para que pueda identificar los equipos críticos y accesorios. --Realizar la actividad de verificación de las tuberías a prueba de explosión bajo supervisión y/o permiso de trabajo con riesgo. -En caso de identificar que la tubería no es a prueba de explosión, se deberá reemplazar.

ÁREA: MUELLE DE LLENADO

ACTIVIDAD: TRASIEGO DE GAS LP DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LLENADERAS DE RECIPIENTES TRANSPORTABLES
NODO: MANGUERAS Y ACCESORIOS PARA LLENADO RECIPIENTES TRANSPORTABLES MEDIANTE BOMBA CORKEN 522EGAEU

No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
34	si se excede el flujo máximo de llenado de los recipientes transportables?	Sobrellenado del recipiente transportable. Apertura de la válvula de seguridad del recipiente transportable por exceso de llenado, formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de	Descuido del operador	2	3	6	Sistema de llenado automático. Válvula de cierre con actuador eléctrico (solenoides). Se cuenta con dos extintores de PQS de 9 kg de capacidad en el muelle de llenado Se cuenta con sistema de vaciado de cilindros	En caso de tener un recipiente transportable sobrellenado, este se deberá invertir, colocándolo de manera que quede más alto que el otro recipiente al cual se va a transferir. Por gravedad o diferencia de altura, el gas pasará de un cilindro a otro. Mantener el área libre de materiales combustibles.

		ignición, podría ocurrir una explosión						
35	hay obstrucción en la tubería que conecta el compresor al muelle de llenado?	Causaría vaporización del líquido y cavitación dentro de la esta. Ocurriría una caída de presión, la cual provocaría un mal funcionamiento en la bomba.	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle	1	1	1	--Indicador visual de flujo tipo no retroceso, válvula de seguridad para línea, válvula de globo recta, No hay ningún elemento que causa obstrucción a la entrada de la bomba	Verificar el diseño, operación e instalación de accesorios.
36	durante el llenado de un recipiente transportable se desprendiera la punta pol del acoplador de llenado?	Emisión instantánea de material inflamable formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	Descuido del operador	2	3	6	--Válvula de cierre rápido de ½" de diámetro y válvula de globo de ½" -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-- Dejar de llenar los recipientes portables --Aplicar plan respuesta a emergencias -- Capacitar al personal para la correcta operación de llenado de recipientes

37	los recipientes portátiles presentaran corrosión o falla en la soldadura del fondo (uniones) durante el llenado?	Se provocaría falla mecánica en las paredes del recipiente y/o el desfonde de este, debido a la presión que se ejerce al realizar el llenado del recipiente transportable, ocasionando fuga del contenido total del recipiente transportable de GLP. con formación de una nube inflamable y explosiva.	-Falla de integridad del material del recipiente por desgaste o por falta de mantenimiento	2	3	6	-Sistema de llenado automático. -Válvula de cierre rápido de ½" de diámetro -Se cuenta con dos extintores de PQS de 9 kg de capacidad en el muelle de llenado	-Los recipientes portátiles deben cumplir en su totalidad con lo establecido en los puntos 4, 5, 6 y 7 de la NOM-011/1- SEDG-1999, en relación a la valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles, instrumentos de medición, marcado y pintura. -Los recipientes portátiles para Gas L.P., fabricados bajo la NOM-011/1- SEDG-1999, tendrán una vida útil máxima de 12 años a partir de su fecha de fabricación, al término de la cual deben ser retirados del servicio e inutilizados
38	las tuberías para la conducción y retorno de GAS LP no son herméticas?	Emisión y acumulación de Gas LP formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir una explosión	. Descuido de la integridad mecánica y aseguramiento de las tuberías	1	2	2	. Realizar las pruebas de hermeticidad y de ultrasonido a las tuberías. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	. -En caso de identificar que las tuberías para la conducción y retorno de GAS LP no son herméticas, estas deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación

ÁREA: MUELLE DE LLENADO

ACTIVIDAD: TRASIEGO DE GAS LP DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LLENADERAS DE RECIPIENTES TRANSPORTABLES
NODO: TANQUE TIPO ESTACIONARIO 1000 LITROS PARA VACIADO DE CILINDROS

39	el tanque tipo estacionario se sobre presionara?	En caso de un aumento en la temperatura ambiente existe peligro de sobrepresión en el recipiente debido a la evaporación del precipitado obtenido de los recipientes transportables, por lo que, ante la sobrepresión, se generaría la liberación de gas LP formando una nube de gas, y en caso de haber alguna fuente de ignición, podría ocurrir un incendio o explosión	Mala operación del tanque de almacenamiento	2	5	10	--El tanque cuenta con un tubo de desfogue de 4.50 metros de altura de 19 milímetros de diámetro. - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	-- Capacitar al personal para el vaciado de gas de los cilindros.
40	si el tanque tipo estacionario p presenta perdida de contención por corrosión?	A consecuencia de desgaste (disminución del espesor) de la pared del cilindro y sus tapas (tanque de almacenamiento) se perdería la contención del recipiente dando lugar a la liberación instantánea del precipitado. El material liberado en caso de encontrar una	Descuido de la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad del tanque de almacenamiento	1	2	2	--Cada cinco años se debe realiza la medición ultrasónica de espesores del tanque de almacenamiento de gas L.P. --Realizar pruebas de líquidos penetrantes en soldaduras - - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos	Aplicar mantenimientos al tanque de almacenamiento. Realizar medición ultrasónica de espesores al recipiente cada cinco años de conformidad con lo señalado en la NOM-013- SEDG-2002.

		fuelle de ignición originaría algún incendio.					por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
ÁREA: SERVICIOS AUXILIARES								
ACTIVIDAD: OPERACIÓN PLANTA DISTRIBUCIÓN GAS LP								
No.	¿Qué pasa sí ...?	Descripción del peligro y peores consecuencias	Causas	Matriz de Riesgo			Medidas de Seguridad (Salvaguardas)	Recomendaciones
				A	B	R		
41	si el suministro de electricidad de la red pública (CFE) falla debido a algún apagón?	Ninguno. En caso de fallo de la red de energía eléctrica, la maquinaria quedaría fuera de operación. Paro total en las operaciones de trasiego.	. Corte de energía eléctrica por falta de pago, por fallas en la infraestructura eléctrica o por causas ajenas	2	1	2	Planear las acciones para ejecutar en caso de un fallo en el suministro de electricidad durante las diferentes actividades que se desarrollan dentro de las instalaciones	. -Adquirir una planta de emergencia de energía eléctrica para no parar operaciones en caso de falta de electricidad por suministro de CFE
42	la tubería eléctrica y las cajas de registro no son a prueba de explosión?	En caso de haber emisión de Gas LP y este se encuentre dentro de tuberías y accesorios para instalaciones eléctricas, este se acumulará dentro de estas y en caso de haber chispa o fuente de ignición podrían generar un incendio o explosión	Mal diseño de la ingeniería básica y de detalle.	1	2	2	-Paro de emergencia -Asimismo, se tienen instalados tres estaciones de manguera con un gasto de 3600 LPM, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento -Rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores,	-En caso de identificar que las tuberías y accesorios de instalaciones eléctricas no cumplan con las características de diseño, estos deberán ser sustituidos de manera inmediata y no se deberá continuar con la operación

							dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro	
ÁREA: SERVICIOS AUXILIARES								
ACTIVIDAD: COMBATE CONTRA INCENDIOS								
43	la red de agua a presión del sistema contra incendio falla?	No se podría atender una emergencia de incendio, lo cual, podría originar que el evento se salga de control	Falta de mantenimiento preventivo	1	3	3	- - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC. -- Se cuenta con bomba adicional de 50 HP con un gasto de 3600 LPM a 6 kg/cm ²	-- Verificar de manera periódica el funcionamiento de las bombas contra incendio, la eléctrica y la de combustión
44	si la red de agua a presión del sistema contra incendio fallara por falta de suministro en la cisterna?	No se podría atender una emergencia de incendio, lo cual, podría originar que el evento se salga de control	Falla en la revisión del nivel de agua en la cisterna	1	3	3	- - Se cuenta con extintores carretilla y extintores portátiles de polvo químico ABC.	Mantener la capacidad de la cisterna como mínimo al 70% de su nivel máximo
ÁREA: SERVICIOS AUXILIARES								
ACTIVIDAD: SERVICIO DE AIRE A INSTRUMENTOS								
45	el sistema de aire de instrumentos fallara?	El diafragma que desplaza el obturador de alguna válvula no funcionará, lo que podría generar que hubiese fuga de Gas LP que ocasionaría incendio o explosión	Falta de mantenimiento preventivo	1	3	3	La planta en todo el sistema de trasiego de gas LP tendrá instaladas válvulas de operación manual de tipo globo recta para una presión de hasta 28 kg/cm ²	Realizar un plan de atención a emergencias que contemple las acciones a realizar en caso de un fallo en el sistema de aire, durante las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro las instalaciones.

DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

ID del caso propuesto por WHAT IF	No. del escenario a evaluar	Nivel de Riesgo (A X B)	Actividad desarrollada dentro de la instalación	Indicador	Probabilidad de ocurrencia (A)	Severidad de consecuencias (B)
4, 5, 6,	1	12	Descarga Gas LP - semirremolque	Situación de alta probabilidad de ocurrencia	Alta (Una vez cada 10 años.)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)
7	2	10	Descarga Gas LP – mangueras y accesorios para recepción semirremolque	Situación de alta probabilidad de ocurrencia	Alta (Una vez cada 10 años.)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)
8	3	6	Descarga Gas LP – mangueras y accesorios para recepción semirremolque	Situación de mayor importancia	Media (Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)
14,15	4	5	Almacenamiento Gas LP - Tanque	Situación de mayor importancia	Media (Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)

16	5	Almacenamiento Gas LP - Tanque	Situación de mayor importancia	Media (Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)	Almacenamiento Gas LP - Tanque
23, 24, 25, 26	6	12	Trasiego Gas LP – Mangueras y accesorios llenado Autotanque	Situación de alta probabilidad de ocurrencia	Alta (Una vez cada 10 años.)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)
36	7	6	Trasiego Gas LP – Mangueras y accesorios llenado recipientes transportables	Situación de considerable importancia	Media (Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)
37	8	6	Almacenamiento Gas LP – Tanque tipo estacionario vaciado cilindros	Situación de mayor importancia	Media (Cada 10 a 100 años, probablemente durante la vida de la planta)	Media Resulta en lesiones múltiples, interrupción significativa de las operaciones, o daños a la propiedad entre 100,000 y 1,000,000 (dólares E.U.)

EVENTOS PROBABLES EN LA PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS LP.

Evento 1

Área: Recepción.

En caso de que se genere una sobretensión en la manguera que se conecta desde la descarga del semirremolque hacia la toma de recepción de la instalación.

Lo anterior podría ser provocado por un error humano como podría ser:

- Una mala conexión de la manguera, o errores humanos (desapego de los procedimientos operativos).
- No colocar las calzas a los semirremolques al momento de la descarga, lo que ocasionaría el movimiento de este, pudiéndose zafar la manguera.
- Arranque de la unidad (semirremolque), sin antes haber sido debidamente desconectada. La masa fugada de GLP, corresponde al contenido de la manguera hasta la válvula de emergencia con actuador neumático. La emisión instantánea de GLP se evaporará, formando una nube "puff" la cual en caso de encontrar una fuente de ignición podría generar una explosión de vapor no confinada.

La masa fugada de GLP, corresponde al contenido de la manguera hasta la válvula de emergencia con actuador neumático. La emisión instantánea de GLP se evaporará, formando una nube "puff" la cual en caso de encontrar una fuente de ignición podría generar una explosión de vapor no confinada.

Evento 2

Área: Recepción.

Si ocurriera una falla en la válvula de descarga del semirremolque se originaría una fuga continua de GLP, si esta fuga se incendiara sería difícil controlarla debido a la dirección de la llama. Esta llama estaría dirigida hacia el suelo, por lo que ésta se esparciría en forma radial, lo que impediría llegar hasta la válvula. El semirremolque se calentaría a causa de la acción del fuego. Como esta fuga se llevaría a cabo en la parte inferior del tanque, las llamas calentarían la parte del recipiente donde se encuentra la fase líquida de GLP.

Pero debido a que el punto de ebullición del GLP es menor que el punto de fusión del metal, el líquido absorberá la mayor parte del calor generado.

En tanto subirá la temperatura de la fase líquida hasta que comienza a evaporarse, esto aumentará la presión interna del recipiente. Cuando la presión alcance cierto valor, entrará en funcionamiento la válvula de seguridad. La capacidad mínima de descarga de la válvula de alivio para el recipiente es de $223.349 \text{ m}^3 / \text{min}$.

Ante una ignición rápida de la emisión continua de gas L.P. a través de la válvula de seguridad se tendría la formación de un dardo de fuego (Jet Fire), o bien, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor evolucione aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga dando origen a una explosión con efectos mecánicos.

Evento 3

Área: Recepción.

Si el recipiente del semirremolque continúa calentándose y se alcanza la temperatura límite de sobrecalentamiento se producirá la nucleación espontánea en toda la masa de líquido. Cuando la válvula de seguridad no pueda aliviar la presión creciente, seguirá aumentando la presión hasta que sobrepase la resistencia del recipiente, entonces ésta fallará por la parte más débil y como resultado se producirá una BLEVE.

Se considera que al producirse la BLEVE se vacía el semirremolque, el cual contiene gas líquido en 80% de su capacidad aproximadamente (según el reglamento de distribución de Gas L. P.), esto es, contiene 38,000 litros – ya que se considera un semirremolque de capacidad total por 47,500 litros –. Se toma en cuenta este porcentaje debido a que en el semirremolque se encuentra un espacio vacío que en este caso corresponde al volumen que ocupa el gas en fase vapor, el cual es de un 20% de la capacidad del tanque.

Evento 4 Área:

Almacenamiento

Debido a un incendio cerca del área de almacenamiento ocurre el calentamiento de la superficie del tanque. A consecuencia del calentamiento y de la incidencia directa de las llamas sobre el área donde se encuentra la fase vapor, la presión interna puede llegar a alcanzar la presión de diseño de las válvulas de seguridad que se encuentran acopladas en a los aditamentos múltiples.

Cada múltiple contiene 4 válvulas de relevo de presión (válvulas de seguridad), sin embargo, los cálculos de capacidad de desfogue se realizan tomando en cuenta sólo 3 válvulas dado que la cuarta es colocada para poder realizar el cambio de válvulas sin dejar fuera de operación el recipiente.

La capacidad de desfogue de cada una de las válvulas es de $307 \text{ m}^3 / \text{min}$, según lo indicado en la memoria técnico-descriptiva del proyecto mecánico.

Ante una ignición rápida de la emisión continua de gas L.P. a través de la válvula de seguridad se tendría la formación de un dardo de fuego (Jet Fire), o bien, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor evolucione aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga dando origen a una explosión con efectos mecánicos.

Evento 5

Área: Almacenamiento

a) (BLEVE del tanque de Almacenamiento)

Considerando el evento 2, en el que ocurre la BLEVE del semirremolque, suponiendo que durante este suceso, existe una explosión, y por lo tanto la fragmentación del semirremolque, cuyas partes salen expulsadas con gran fuerza, uno de estos fragmentos golpea el tanque de almacenamiento, provocando el agujeramiento de éste, y consecuentemente, una fuga, misma que al entrar en contacto con el fuego desprendido del semirremolque, encenderá también, calentando el líquido contenido en dicho tanque de almacenamiento, lo que después de algunos minutos, provocará una BLEVE. Es de mencionar con gran énfasis, que debido a que su principal objetivo es la venta de este combustible para los cálculos solicitados se considerará que su contenido está al 80%, ya que en el caso del evento catastrófico de la BLEVE es más probable que se presente un evento de esta índole cuando el tanque no está lleno. De la situación planteada se propondrá suponiendo que impacta al recipiente de almacenamiento de 250,000 litros volumen agua al 100%, pero por seguridad se considera que éste se encuentra al 80 % de su capacidad al momento del accidente, esto es 200,000 litros.

Se consideran los efectos producidos por la sobrepresión derivada de la BLEVE del tanque de almacenamiento, tomando en cuenta los niveles de 10.0 lb/plg², 3.0 lb/plg², 1.0 lb/plg² y 0.5 lb/plg².

b) (Radiación Térmica)

Cálculo de la cantidad de radiación térmica que provoca el hecho de que en el tanque de almacenamiento ocurra una BLEVE.

En este caso se determina la distancia a la cual se tendrían niveles de radiación térmica de 11,250 BTU/h.ft² (37.5 kw/m²), 3,750 BTU/h.ft² (12.5 kw/m²), 1500 BTU/h.ft² (5 kw/m²) y 440 BTU/h.ft² (1.4 kw/m²) que producen las afectaciones indicadas en la tabla de tolerancias presentada.

Evento 6

Área: Suministro.

Si un auto-tanque estuviera cargando GLP y por error se arrancara, existiría una ruptura en la manguera y fractura de las válvulas de globo recta, provocando una fuga de GLP en fase líquida, equivalente al que se encuentra atrapado en la tubería, la cual tendrá 3 m. y un diámetro de 51 mm, así como la cantidad que deja escapar la bomba en medio minuto, tomando en consideración que se están bombeando 530 L/min.

En el diseño de las plantas la conexión de las mangueras que van a los vehículos de suministro, están conectadas a un punto de fractura, y estos a su vez, a una válvula de globo recta, previendo la

posibilidad de que se arrancara y el punto de fractura de la línea se rompiera (lo cual debe suceder en estos casos), se tendría una fuga que sería la capacidad nominal de la tubería, considerando además, medio minuto debido a que, cuando se opera el punto de fractura automáticamente se para el equipo, por lo que se considera este tiempo razonable para realizar la modelación.

Por las características del incidente, la masa fugada de GLP es emitida a la atmósfera mediante dos mecanismos: emisión de chorro horizontal y emisión instantánea.

La primera de ellas se refiere a la emisión de GLP en fase líquida producto del funcionamiento de la bomba durante un tiempo de medio minuto y que trabaja a razón de 530 L/min. La segunda se refiere a la emisión por la liberación de GLP en fase líquida del contenido de la manguera y de la tubería a la descarga de la bomba cuando ésta entra en paro.

Se considera que, por el cambio en la presión, produciría una evaporación súbita formando una nube de vapor no confinada la cual, dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia de fuentes de ignición y los obstáculos que puedan provocar turbulencia en la nube, se daría lugar a una explosión y/o a una llamarada o ambas.

Evento 7

Área: Muelle de Llenado

Si debido a un error por parte del operador durante la colocación del acoplador de llenado de un recipiente éste se desprendiera se originaría una fuga de GLP en fase líquida. En estos casos, el obturado de la fuga se hace con el cierre de la válvula de cierre rápido, por lo tanto, la cantidad fugada es la equivalente a la atrapada en la manguera de 13 mm.

Evento 8

Área: Muelle de Llenado

Si al estar llenando un recipiente transportable con 30 kg de capacidad, debido al desgaste del material de éste en la soldadura del fondo, además de la presión que se ejerciera en el momento del llenado, se provocaría el desprendimiento del tanque, provocando con esto una fuga instantánea del contenido total de éste (30 kg de GLP).

Se considera un tiempo de respuesta de un minuto, pero hay que tomar en cuenta que éste es sobrestimado, ya que, al desfondarse el recipiente transportable, el gas fugado se evapora y se dispersa instantáneamente (caso más desfavorable en el muelle de llenado de recipientes de almacenamiento).

La masa fugada de GLP en fase líquida, por el cambio en la presión, produciría una evaporación súbita formando una nube de vapor no confinada la cual, dependiendo de las condiciones ambientales, la presencia de fuentes de ignición y los obstáculos que puedan provocar turbulencia en la nube, se daría lugar a una explosión y/o a una llamarada o ambas.

No.	Evento	Probabilidad de ocurrencia
1	Explosión de una nube de vapor no confinada en el área de recepción de GLP (toma de recepción: descarga de semirremolques).	4.44×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)
2	Explosión de una nube de vapor no confinada en el área de recepción de GLP (válvula de seguridad del semirremolque) se tendría la formación de un dardo de fuego (Jet Fire)	2.0×10^{-10} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
3	Explosión tipo BLEVE del semirremolque (explosión mecánica del recipiente tipo no transportable) para el transporte de GLP.	1.66×10^{-16} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
4	Explosión de una nube de vapor no confinada en el área de suministro (toma de suministro) de GLP.	5.66×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)
5	Explosión de una nube de vapor no confinada en el área de almacenamiento de GLP (válvula de seguridad del recipiente de almacenamiento) se tendría la formación de un dardo de fuego (Jet Fire).	2.0×10^{-10} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
6	Explosión tipo BLEVE de un recipiente de almacenamiento de la instalación, cuya capacidad es de 250,000 litros al 100%	41.15×10^{-27} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
7	Explosión de una nube de vapor no confinada en el área de llenaderas de los recipientes transportables	4.22×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)
8	Explosión de una nube de vapor no confinada en el muelle de llenado, por la fuga de la masa contenida en un recipiente transportable de 30 kg de capacidad	8×10^{-9} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)

NOTA: La probabilidad de ocurrencia de los eventos 3, 6, y 8 se consideró como Muy Improbable (No se ve posibilidad que ocurra el riesgo), ya que el orden de magnitud rebasa los valores establecidos en la tabla de "Probabilidades de Fallo".

Eventos máximos probables:

De acuerdo con las probabilidades de ocurrencia que se tienen para cada evento, se puede concluir que, dadas las medidas de seguridad con que cuenta la planta de distribución de gas L.P. es difícil que se presente un evento que pueda generar un riesgo. Sin embargo, dentro de estos eventos, hay algunos que presentan mayor probabilidad de ocurrencia (respecto a los demás), como son los eventos 1, 4, 7 y 8. Pero en caso de presentarse, estos eventos pueden ser controlados fácilmente, sin que se tengan consecuencias mayores.

Evento catastrófico:

Si bien, la probabilidad el evento 3 es prácticamente improbable, este es considerado como el evento iniciador que desencadena el evento 6 (BLEVE del tanque de la planta), el cual es considerado el evento catastrófico por ser éste el evento que tiene en consideración la capacidad máxima de almacenamiento. El evento es muy sobrestimado, ya que tiene una probabilidad muy baja, sin embargo, es posible su ocurrencia. Además, es importante mencionar que en caso de llevarse a cabo el evento 3 ocurriría el evento 2 y en caso de llevarse a cabo el evento 6 se llevara a cabo el evento 5.

IDENTIFICACIÓN DEL EVENTO MÁXIMO PROBABLE Y CATASTRÓFICO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ÁRBOL DE FALLAS

El análisis detallado de frecuencias tiene como objetivo la estimación de la probabilidad o la frecuencia de las situaciones (consecuencias) no deseadas identificadas durante la evaluación cualitativa de riesgos.

El Árbol de Fallas, es una técnica deductiva que asume que un evento indeseado (evento tope y/o máximo) ha ocurrido y busca los elementos contribuyentes (eventos básicos), ya sean éstos fallas de equipo, errores humanos o eventos externos.

Este método de evaluación analiza diversos aspectos de riesgo y es capaz de evaluar su magnitud y su probabilidad, por lo que se considera un método de evaluación cualitativo y cuantitativo.

Como método cuantitativo el árbol de fallas nos permite evaluar la probabilidad de pérdida y compararla con la magnitud de la pérdida, acciones que por tradición se han venido haciendo intuitivamente en la industria, sin la cuantificación de las probabilidades, de tal manera que difícilmente se toma una decisión con el pleno conocimiento de falla.

Con base en la memoria técnica descriptiva de la planta de distribución de Gas L.P. y los planos de la ingeniería de detalle, se identificaron las siguientes áreas de riesgo:

- Toma de recepción de GLP.
- Almacenamiento de GLP.
- Toma de suministro de GLP.
- Muelle de llenado.

De manera general se puede definir que los “eventos tope” para la operación de la Planta de Almacenamiento para Distribución de gas L.P. son:

- Fuga y explosión en el área de recepción de Gas L.P.
- Fuga y explosión en el área de suministro de Gas L.P.
- Explosión en el área de almacenamiento de Gas L.P.
- Fuga y explosión en el muelle de llenado de recipientes transportables.

La asignación de probabilidades se realizó con base en la siguiente tabla de valores:

Probabilidad de fallo		
Orden de magnitud	Calificación	Frecuencia probable
10^{-1}	Muy probable	Puede ocurrir en cualquier momento.
10^{-2}	Probable	Ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año
10^{-3}	Medianamente probable	Ha ocurrido en un año
10^{-4}	Improbable	No se ha presentado en 5 años
10^{-5}	Remotamente probable	No se ha presentado en 10 años
10^{-6}	Muy improbable	No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo.

MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN PLANTAS QUÍMICAS, J.M STORCH
DE GACIA, PÁG 322.

Con base en la identificación y evaluación de los posibles riesgos (latentes y/o potenciales) a través del método What If...? y de su posterior jerarquización con el Árbol de Fallas se obtienen los eventos máximos identificados:

No	Evento	Probabilidad de Ocurrencia
1	EXPLOSIÓN DE GAS L.P. DE UNA NUBE NO CONFINADA, A CAUSA DEL DESPRENDIMIENTO DE LA MANGUERA DURANTE LA DESCARGA DE GAS L.P. DEL SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA TOMA DE RECEPCIÓN.	4.44×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)
2	EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA EN EL ÁREA DE RECEPCIÓN DE GLP (VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL SEMIRREMOLQUE) SE TENDRÍA LA FORMACIÓN DE UN DARDO DE FUEGO (JET FIRE).	2.0×10^{-10} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
3	BLEVE DEL SEMIRREMOLQUE, DEBIDO A UNA FALLA EN LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL SEMIRREMOLQUE, LO QUE PROVOCARÍA UNA FUGA CONTINUA DE GAS L. P.	1.66×10^{-16} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
4	EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA EN EL ÁREA DE SUMINISTRO DE GLP	5.66×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)
5	EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE GLP SE TENDRÍA LA FORMACIÓN DE UN DARDO DE FUEGO (JET FIRE).	2.0×10^{-10} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
6	BLEVE DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE GLP	41.15×10^{-27} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
7	EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA EN EL ÁREA DE LLENADERAS DE LOS RECIPIENTES TRANSPORTABLES – DESPRENDIMIENTO PUNTA POL	4.22×10^{-5} (No se ha presentado en 10 años)

8	EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA EN EL MUELLE DE LLENADO, POR LA FUGA DE LA MASA CONTENIDA EN UN RECIPIENTE TRANSPORTABLE DE 30 KG DE CAPACIDAD.	8×10^{-9} (No se ve posibilidad de que ocurra el riesgo)
---	---	---

La probabilidad de ocurrencia de los eventos 3, 6, y 8 se consideró como Muy Improbable (No se ve posibilidad que ocurra el riesgo), ya que el orden de magnitud rebasa los valores establecidos en la tabla de “Probabilidades de Fallo”.

Eventos máximos probables: De acuerdo con las probabilidades de ocurrencia que se tienen para cada evento, se puede concluir que, dadas las medidas de seguridad con que cuenta la planta de distribución de GAS L.P. es difícil que se presente un evento que pueda generar un riesgo. Sin embargo, dentro de estos eventos, hay algunos que presentan mayor probabilidad de ocurrencia (respecto a los demás), como son los eventos 1, 4, 7 y 8. Pero en caso de presentarse, estos eventos pueden ser controlados fácilmente, sin que se tengan consecuencias mayores.

Evento catastrófico: Si bien, la probabilidad el evento 3 es prácticamente improbable, este es considerado como el evento iniciador que desencadena el evento 6 (BLEVE del tanque), el cual es considerado el evento catastrófico por ser éste el evento que tiene en consideración la capacidad máxima de almacenamiento. El evento es muy sobrestimado, ya que tiene una probabilidad muy baja, sin embargo, es posible su ocurrencia. Además, es importante mencionar que en caso de llevarse a cabo el evento 3 ocurriría el evento 2 y en caso de llevarse a cabo el evento 6 se llevara a cabo el evento 5

Es importante mencionar que las instalaciones de la planta de gas contarán con todas las medidas de seguridad para evitar que ocurran dichos eventos, por lo que se presentan como eventos sobrestimados, para poder predecir los posibles daños críticos.

EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

El análisis de las consecuencias de los escenarios planteados tiene como finalidad determinar las posibles consecuencias de un accidente o grupo de accidentes durante el ciclo de vida de una instalación. Un accidente en la operación de una instalación generalmente implica la emisión o vertido de material de proceso al medio Ambiente. Dependiendo de la composición del material liberado, puede formarse una nube tóxica, inflamable y/o explosiva. Esta nube puede generar pérdidas económicas relacionadas con daños a equipos y estructuras de proceso, daños a la salud del personal e incluso la muerte. Para determinar la magnitud del Riesgo, es necesario simular y cuantificar el material liberado a través de los Modelos siguientes:

- Modelo de Emisión.
 - Modelo de Dispersión.
 - Modelo de Explosión y Fuego.
 - Modelo de efectos.
-
- **MODELO DE EMISIÓN**

Los Modelos de Emisión son utilizados para determinar el flujo de descarga del material liberado, la cantidad total emitida y el estado físico del mismo. La modelación del fenómeno para una ruptura o derrame accidental de un material peligroso es frecuentemente el paso más crítico en la estimación exacta de la concentración del gas corriente abajo como resultado del accidente.

Las emisiones accidentales de materiales peligrosos pueden ser instantáneas o continuas, incluyendo flujo en una o dos fases; siendo estas de tanques de almacenamiento o tuberías, los cuales pueden ser refrigerados o a presión, sobre tierra o agua y confinados o no confinados. Algunos de estos escenarios con diferentes mecanismos de emisión pueden ocurrir en tanques presurizados con líquidos refrigerados. Es conveniente mencionar que existe una gran diferencia en el comportamiento de la concentración de un gas con respecto al tiempo para una falla catastrófica (emisión instantánea) en un tanque de almacenamiento en comparación con una pequeña falla puntual (emisión continua) en el mismo tanque.

Así, el material tiene la posibilidad fugarse por orificios o grietas en los tanques o líneas, bridas, bombas, válvulas e incluso por la apertura de una válvula de seguridad que descargue a la atmósfera.

El tiempo que se lleva este proceso más que del inventario, depende de:

- Tiempo para detectar la fuga.
- Tiempo para analizar el incidente y decidir las acciones correctivas.
- Tiempo para completar las acciones correctivas.

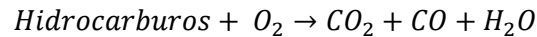
- MODELO DE DISPERSIÓN

Los modelos de dispersión se utilizan para predecir el área afectada en función del tamaño y forma de la nube, la distancia a la cual se alcanza una concentración de interés, como puede ser el límite de explosividad inferior, LFL, de los vapores corriente abajo del punto de emisión y en todas direcciones, para evaluar efectos por explosión y fuego, estimar datos de concentración en función del tiempo a distancias dadas para evaluar efectos tóxicos en trabajadores y al público en general.

Los modelos de dispersión describen el transporte aéreo de los materiales tóxicos o inflamables desde el sitio del accidente hacia otros puntos de la planta o complejo y zona de asentamientos humanos, evaluando y determinando en qué puntos estas emisiones son nocivos para la salud. Estos modelos están basados en la ecuación de difusión gausseana de un gas y para su aplicación es necesario establecer una concentración máxima permisible de exposición, lo cual permite estimar el área de evacuación en caso de una contingencia.

- MODELOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

La combustión es la rápida oxidación exotérmica de un combustible que está en contacto con una fuente de ignición. La reacción que tiene lugar durante la combustión de hidrocarburos es:



Los modelos de fuego son correlaciones empíricas que nos permiten estimar los niveles de radiación térmica para una distancia dada y determinar zonas de afectación.

Se tienen diferentes modelos de fuego:

- Alberca de fuego (Pool Fire)
- Chorro de fuego (Jet Fire)
- Bola de Fuego (Fire Ball)
- BLEVE

Las explosiones de gas son caracterizadas por rápida combustión, en la cual la alta temperatura de los productos de combustión se expande y afectan a sus alrededores. De este modo el calor de combustión de una mezcla aire-combustible (energía química) es parcialmente convertido en una expansión (energía mecánica). La energía mecánica es transferida a los alrededores en la forma de una onda de choque. En la atmósfera, una onda de choque es experimentada como un cambio transigente de los parámetros de presión, densidad y velocidad de las partículas de un gas. Generalmente estos parámetros incrementan y decrecientan rápidamente.

Los modelos de explosión se usan para determinar radios y/o zonas de afectación para ciertos niveles de sobrepresión.

Se tienen diferentes Modelos de explosión:

- Modelo TNT
- Modelo TNO
- Explosión Física
- BLEVE
- Explosión Confinada

- MODELOS DE EFECTO

El siguiente paso en un Análisis Cuantitativo de Riesgos es evaluar las consecuencias de los resultados de los accidentes. Un método de evaluación de las consecuencias de los resultados de accidentes es el modelo de efectos directo, el cual predice los efectos sobre las personas o estructuras basados en criterios predeterminados.

En realidad, las consecuencias pueden no tomar la forma de funciones discretas, pero en cambio pueden acomodarse a la función de distribución de probabilidad. Un método estadístico para evaluar consecuencias es el método Probit. El método Probit (unidad de probabilidad) refleja en forma general la relación dependiente del tiempo para cualquier variable que tiene un resultado probabilístico y que puede ser definido por una distribución normal.

- CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS.

Para determinar los radios de afectación por onda expansiva, se utilizarán los niveles de sobrepresión de 0.5 psi para la zona de amortiguamiento y 1 psi para la zona de alto riesgo.

Para determinar los radios de afectación por radiación térmica se utilizarán los niveles de radiación térmica de 1.4 kW/m^2 ($400 \text{ BTU/ft}^2\text{hr}$) para la zona de amortiguamiento y 5 kW/m^2 ($1500 \text{ BTU/ft}^2\text{hr}$) para la zona de alto riesgo.

Para determinar los radios de afectación por concentración de materiales tóxicos se utilizarán los valores de concentración referenciados al TLV_8 o TLV_{15} para la zona de amortiguamiento y valores de concentración referenciados al IDLH para la zona de alto riesgo.

Los efectos a las instalaciones y al personal se estimarán usando los parámetros establecidos en las siguientes tablas.

SOBREPRESIÓN (Psig)	DAÑO
0.02	Ruido molesto (137 dB de frecuencia 10-15 Hz)
0.03	Ruptura ocasional de grandes ventanales bajo tensión
0.04	Ruido fuerte (143 dB), falla de cristales por ondas sónicas
0,1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión
0.15	Presión típica para ruptura de cristales
0.3	"Distancia segura" (probabilidad 0.95 sin daño serio más allá de este valor), límite de proyectiles; algún daño a techos de casas; 10% de ventanas rotas
0.4	Daño estructural secundario limitado
0.5-1.0	Generalmente se estrellan grandes y pequeñas ventanas, daño ocasional a marcos de ventanas
0.7	Daño menor a estructuras de casas
1.0	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables, máxima velocidad de viento de 79.7 Km/h
1-2	Destrozo de asbesto corrugado; ceden fijaciones de paneles de aluminio o acero corrugado, falla segura seguida por deformación; ceden fijaciones de paneles de madera (estándar en viviendas), golpe en paneles
1.3	Marcos de acero de edificios con revestimiento levemente distorsionados
2	Colapso parcial de paredes y techos de casas
2-3	Muros de bloque y concreto, no reforzadas, destruidas
2.3	Límite inferior de daño estructural serio
2.5	50 % de destrucción de casas de ladrillo
3	Máquinas pesadas (3000 lb en edificios industriales sufren daños pequeños, estructuras de acero torcidos y desprendidos de sus cimientos, máxima velocidad de viento de 178.6 Km/h
3-4	Edificios de paneles de acero sin estructura o de autoformación demolidos; ruptura de tanques de almacenamiento de petróleo
4	Ruptura de revestimiento de edificios industriales ligeros
5	Postes de teléfono de madera se rompen; prensa hidráulica alta (40 000 lb) en edificios levemente dañada, máxima velocidad de viento de 260.8 Km/h
5-7	Destrucción casi completa de casas
7	Vagones de ferrocarril de carga pesada volcados
7-8	Paneles de ladrillo de 8-12 pulgadas de grosor, no reforzados, ceden por deslizamiento o curvatura
9	Furgones con carga totalmente destruidos

10	Probable destrucción de edificios, maquinaria pesada (7000 lb) desplazada y muy dañada, maquinaria muy pesada (12 000 lb) sobrevive, máxima velocidad de viento de 294 Km/h.
300	Límite de orilla de cráter.

TABLA 1. EFECTOS POR ONDA EXPANSIVA PARA CADA VALOR DE PICO POR SOBREPRESIÓN

INTENSIDAD DE RADIACIÓN (kW/m ²)	EFFECTO OBSERVADO
1.6	No causará molestias por exposición prolongada
4	Suficiente para ocasionar dolor al personal si no alcanzan a ponerse a salvo en 20 segundos, sin embargo, es probable la aparición de ampulla (quemaduras de segundo grado); letalidad de 0%
9.5	Umbral de dolor alcanzado luego de 8 segundos, quemaduras de segundo grado luego de 20 segundos
12.5	Energía mínima requerida para el encendido guiado de madera, fusión de tubería de plástico
25	Energía mínima requerida para encender madera a exposiciones indefinidamente prolongadas (no guiadas)
37.5	Suficiente para ocasionar daño a equipo de proceso

TABLA 2. EFECTOS POR RADIACIÓN DE CALOR

INTENSIDAD DE RADIACIÓN (Btu/hr/ft ²)	INTENSIDAD DE RADIACIÓN (kW/m ²)	TIEMPO PARA ALCANZAR EL UMBRAL DE DOLOR (s)
500	1.74	1.74
740	2.33	2.33
920	2.90	2.90
1500	4.73	4.73
2200	6.94	6.94
3000	9.46	9.46
3700	11.67	11.67
6300	19.87	19.87

TABLA 3. TIEMPO DE EXPOSICIÓN NECESARIO PARA ALCANZAR EL UMBRAL DE DOLOR (API 521)

SIMULACIÓN

La simulación que se llevará a cabo para cada uno de los eventos que pudieran suscitarse dentro de las instalaciones de la Planta de Distribución de Gas L.P. – como parte del Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo será por medio del simulador SCRI – Fuego.

SCRI – Fuego.

Éste es un programa para efectuar la simulación en computadora de las consecuencias de eventos con fuego y/o explosión, y siendo que en la instalación se hace uso del GLP, el cual se sabe cuenta con riesgos por su grado de inflamabilidad y bajo condiciones especiales de explosividad, se hace importante ésta herramienta computacional a fin de poder modelar los posibles escenarios así como las consecuencias que se podrían esperar derivadas de las fugas de GLP.

Los modelos de los que se vale SCRI – Fuego son metodologías publicadas en la EPA y la AIChE, las cuales se prueban extensivamente de manera comparativa con los resultados de los manuales de la EPA del RMP (Risk Management Program) y del TPCA (Toxic Catastrophe Prevention Act).

El sistema contiene una base de datos con más de 1000 productos y más de 7000 sinónimos de productos en inglés y español, con cálculos de propiedades que dependen de la temperatura. El software calcula propiedades de mezclas con la metodología de Guidance on the Application of Refined Dispersion Models to Hazardous/Toxic Air Pollutant Releases EPA-454/R-93-002.

ZONAS DE SALVAGUARDAS

El presente Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo es elaborado para Planta de Distribución de Gas L.P., en éste se incluye la modelación de los eventos que pudieran suscitarse en el interior de la instalación, asimismo se valida que para el establecimiento de las zonas de salvaguardas se emplean los siguientes criterios:

- INFLAMABILIDAD

Es la medida de la facilidad que presenta un gas líquido o incluso un sólido, en este caso el GLP (gas licuado de petróleo), el cual es empleado en la instalación, puede encenderse, así como de la rapidez con que, al ser encendido, sus llamas son diseminadas.

Cuanto más rápida sea la ignición más inflamable será el material, por lo que los líquidos no lo son por sí mismos, siendo que lo son por sus vapores los cuales tiene propiedades combustibles.

Para efectos de inflamabilidad (radiación térmica) se tienen los siguientes parámetros:

- o 37.5 kW/m² y 12.5 kW/m² - Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos.
 - o 5 kW/m² – Zona de Alto Riesgo.
 - o 1.4 kW/m² – Zona de Amortiguamiento
- EXPLOSIVIDAD

Esta es la capacidad de las sustancias químicas para provocar una liberación instantánea de presión, gas y calor, provocado por el choque repentino, presión o alta temperatura.

En este aspecto se considera como parámetros de explosividad (sobrepresión):

- o 10.0 lb/plg² y 3.0 lb/plg² – Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos.
- o 1.0 lb/plg² – Zona de Alto Riesgo
- o 0.5 lb/plg² – Zona de Amortiguamiento

RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN.

Como parte de la evaluación de Riesgo Ambiental, y con base en los eventos de mayor probabilidad de ocurrencia, se determinan los radios potenciales de afectación en caso de que se llegasen a presentar estos, y para su delimitación se aplicó modelos matemáticos, así como el uso del simulador SCRI – Fuego para validar cada uno de estos.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación:

	Toxicidad (Concentración)	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo por Daño a Equipos	-	37.5 kW/m ² o 11887 BTU/pie ² ·h 12.5 kW/m ² o 3962 BTU/pie ² ·h	10.0 lb/plg ² 3.0 lb/plg ²
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 kW/m ² o 1500 BTU/pie ² ·h	1.0 lb/plg ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 kW/m ² o 440 BTU/pie ² ·h	0.5 lb/plg ²

NOTA: 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

CONSIDERACIÓN PARA LOS CÁLCULOS.

Las emisiones accidentales de gas l.p. propuestas en el presente estudio se consideraron como escapes instantáneos formando una bocanada ("Puff") y/o escapes continuos sin depender del tiempo, formando un penacho ("Plume"), o bien, escapes continuos dependiendo del tiempo, lo anterior en función de las condiciones en las que se lleve a cabo la fuga.

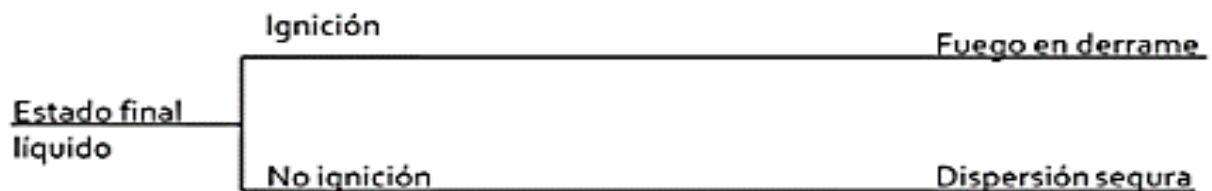
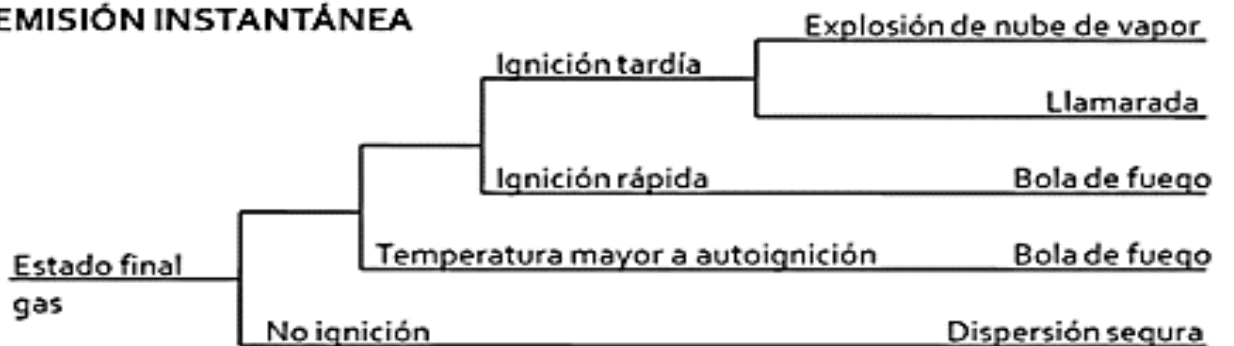
Es conveniente mencionar que existe una gran diferencia en el comportamiento de la concentración de un gas con respecto al tiempo para una falla catastrófica (emisión instantánea) en un tanque de almacenamiento en comparación con una pequeña falla puntual (emisión continua) en el mismo tanque.

Asimismo, dependiendo de la procedencia de la fuga se tiene la:

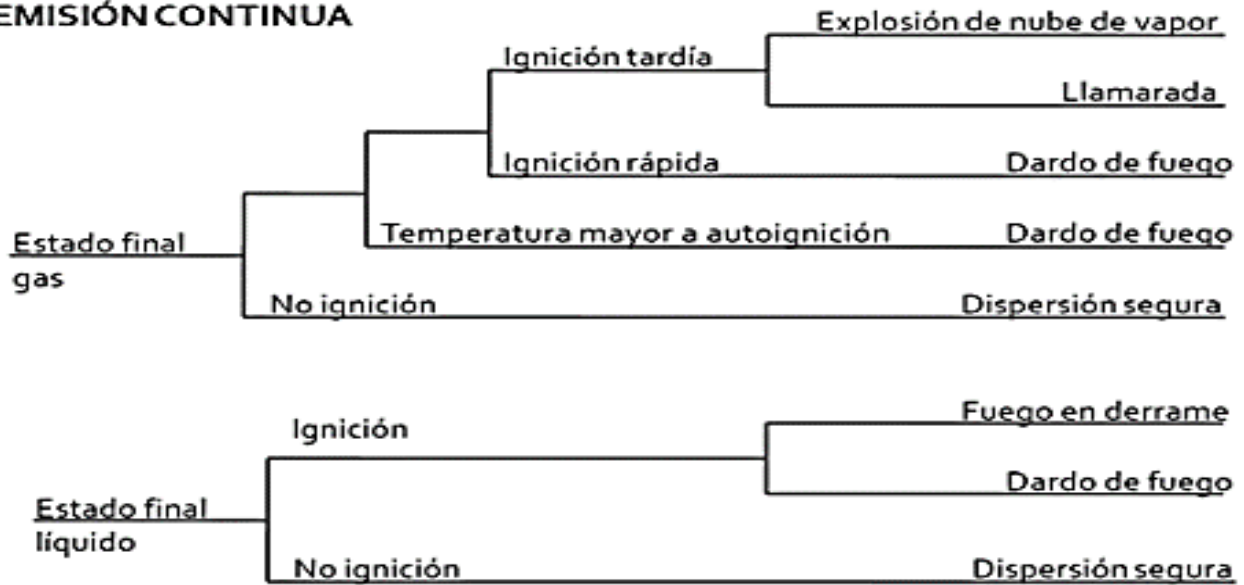
1. Dispersión de chorro turbulento, a partir de una fuga de gas a presión.
2. Dispersión de nube neutra, para gases sometidos únicamente a las turbulencias atmosféricas.

Por lo que en función del tipo de emisión ante la presencia de una fuente de ignición ya sea rápida o tardía se pueden desarrollar fenómenos distintos, tal y como se muestra a continuación:

EMISIÓN INSTANTÁNEA



EMISIÓN CONTINUA



Por otra parte, la modelación de los eventos identificados y jerarquizados a través de la metodología descrita anteriormente se realizó con el software SCRI – Fuego, el cual realiza la simulación de las consecuencias de eventos con fuego y/o explosión, y siendo que en la instalación se hace uso del GLP, el cual se sabe cuenta con riesgos por su grado de inflamabilidad y bajo condiciones especiales de explosividad, se hace importante ésta herramienta computacional a fin de poder modelar los escenarios identificados así como las consecuencias que se podrían esperar derivadas de las fugas de GLP.

Los modelos de los que se vale SCRI – Fuego son metodologías publicadas en la EPA y la AIChE, las cuales se prueban extensivamente de manera comparativa con los resultados de los manuales de la EPA del RMP (Risk Management Program) y del TCPA (Toxic Catastrophe Prevention Act).

De acuerdo con las probabilidades de ocurrencia que se tienen para cada evento, se puede concluir que, dadas las medidas de seguridad con que cuenta la planta de distribución de gas l. p. es difícil que se presente un evento que pueda generar un riesgo. Sin embargo, dentro de estos eventos, hay algunos que presentan mayor probabilidad de ocurrencia (eventos 1, 4 y 7) con respecto a los eventos demás (eventos 2, 5 y 8), pero en caso de presentarse, los eventos con mayor probabilidad de ocurrencia estos pueden ser controlados fácilmente, sin que se tengan consecuencias mayores.

Si bien, la probabilidad del evento 3 es prácticamente improbable, este es considerado como el evento iniciador que desencadena el evento 6, que es el evento considerado como catastrófico (el de menor probabilidad, pero de mayor daño), por lo que, para efectos de cálculos del presente estudio, únicamente se consideran dichos eventos, además, esto con el fin de poder determinar la máxima zona de afectación, para así tomar las medidas necesarias de prevención. Para todas las modelaciones se

consideraron las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos diez años. Asimismo, en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento para las simulaciones por explosividad, se consideró el 10% de la energía total liberada.

Las propiedades del gas l.p. (mezcla Propano (60%) / Butano (40%)) son calculadas por concentración molar a una temperatura de referencia de 24.6 °C:

PROPIEDADES	MEZCLA	SUSTANCIA 1	SUSTANCIA 2
Nombre	GLP	Propano	Butano
CAS	68476-85-7	74-98-6	106-97-8
%	100	60	40
Peso molecular (kg/k-mol)	49.71	44.10	58.12
Punto de ebullición (°K)	247.73	231.11	272.65
Temperatura crítica (°K)	391.95	369.83	425.12
Presión crítica (Pa)	4.067 E+06	4.248 E+06	3.796 E+06
Volumen crítico (m ³ /kmol)	0.22	0.20	0.26
Capacidad calorífica del gas a presión constante y temperatura de interés (J/kg.°K)	1678.19	1666.04	1692.02
Calor de vaporización del líquido a temperatura de ebullición (J/kg)	406524.42	425043.02	385450.24
Densidad del líquido a temperatura de ebullición (kg/m ³)	591.82	582.51	602.41
Capacidad calorífica del líquido a temperatura de ebullición (J/kg. °K)	2271.06	2252.25	2292.47
Constante de presión de saturación SPB (SLAB)	-1	1872.46	-1
Constante de presión de saturación SPC (SLAB)	--	-25.16	0
Relación de calores específicos (gamma)	1.11	1.13	1.09
Concentración estequiometría (%)	9.50	4.0	3.10
Calor de combustión (kJ/kg)	46045.82	46333.0	45719.0
Límite inferior de inflamabilidad	1.8	2.2	1.85
Límite superior de inflamabilidad	9.3	9.5	8.4

ESCENARIO 1

TOMA DE RECEPCIÓN (DESACOPLAMIENTO DE LA MANGUERA)

FUGA Y EXPLOSIÓN DE GAS L.P. DE UNA NUBE NO CONFINADA, A CAUSA DEL DESPRENDIMIENTO DE LA MANGUERA DURANTE LA DESCARGA DE GAS L.P. DEL SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA TOMA DE RECEPCIÓN.

Considerando que existiera una sobretensión en la manguera que va de la descarga del semirremolque (a través de la válvula de cierre rápido al acoplador de llenado para gas líquido) hacia la toma de recepción de la instalación.

Lo anterior podría ser provocado por un error humano como podría ser:

- Una mala conexión de la manguera, o errores humanos (desapego de los procedimientos operativos).
- No colocar las calzas a los semirremolques al momento de la descarga, lo que ocasionaría el movimiento de este, pudiéndose zafar la manguera.
- Arranque de la unidad (semirremolque), sin antes haber sido debidamente desconectada.

La masa fugada de GLP, corresponde al contenido de la manguera hasta la válvula de emergencia con actuador neumático. La emisión instantánea de GLP se evaporará, formando una nube de gas, la cual, en caso de encontrar una fuente de ignición podría generar una explosión de vapor no confinada.

CALCULO DE MASA DE GAS LP LIBERADA

El suministro de remolque-tanques a tanques de almacenamiento de la Planta, se realizará mediante un compresor, que tiene una capacidad nominal de 749 L/min. Para la descarga de los remolques-tanque se cuenta en la isleta con juegos de tomas, contando el juego de tres bocas terminales de 51 mm (2") de diámetro para conducir gas-líquido la cual se ensancha a 76 mm (3") de diámetro. El diámetro del orificio de la fuga considerado es de 3" de diámetro nominal, que equivale al diámetro de la manguera de descarga.

DATOS UTILIZADOS

Densidad gas Lp (fase líquida)	591.82 kg/m ³
Longitud de la manguera	7 m
Longitud tubería gas líquido	1.2 m
Diámetro de la manguera de gas	0.051 m
Diámetro de la tubería de gas	0.051 m

CÁLCULO DE LA MASA FUGADA:

Área transversal de la manguera y de la tubería con un diámetro de 51 mm: $(\pi d^2 / 4)$ [m²]

$$a = \pi d^2 / 4 = \pi (0.051 \text{ m})^2 / 4 = 0.0022990 \text{ m}^2$$

Volumen del líquido atrapado en la tubería:

$$v_{\text{Liq-tubería}} = LA$$

$$v_{\text{Liq-tubería}} = LA = (1.2 \text{ m}) (0.0022990 \text{ m}^2) = 0.0027588 \text{ m}^3$$

Volumen del líquido atrapado en la manguera:

$$v_{\text{Liq-mang}} = LA$$

$$v_{\text{Liq-manguera}} = LA = (7 \text{ m}) (0.0022990 \text{ m}^2) = 0.016093 \text{ m}^3$$

Suma de los volúmenes-líquido

$$Volumen \text{ total} = 0.0027588 \text{ m}^3 + 0.016093 \text{ m}^3 = 0.0188518 \text{ m}^3 = 18.8518 \text{ lt}$$

$$\text{Masa de este volumen: } (591.82 \text{ kg/m}^3) (0.0188518 \text{ m}^3) = 11.156872 \text{ kg}$$

Se supone que el escape accidental de 11.156872 kg de GLP correspondiente a una emisión instantánea de corta duración que propicia la formación de una nube inflamable, la cual, tras mezclarse con el aire y encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad a cierta distancia del origen de la fuga origina una ignición retardada que provocará una llamarada (flash fire) y eventualmente una explosión con efectos mecánicos (sobrepresión).

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE)

Cálculo de las concentraciones de interés (L.I.I y L.S.I) a 0.0 m, considerando que durante la dispersión de la masa fugada formará una nube de vapor que se dispersará corriente abajo del punto de emisión los vapores con densidades superiores a la del aire tienen la tendencia a caer y dispersarse a ras del suelo hasta que la nube alcance una densidad parecida a la del aire.

La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida al desprendimiento de la manguera durante la descarga del semirremolque alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 5.57 m.

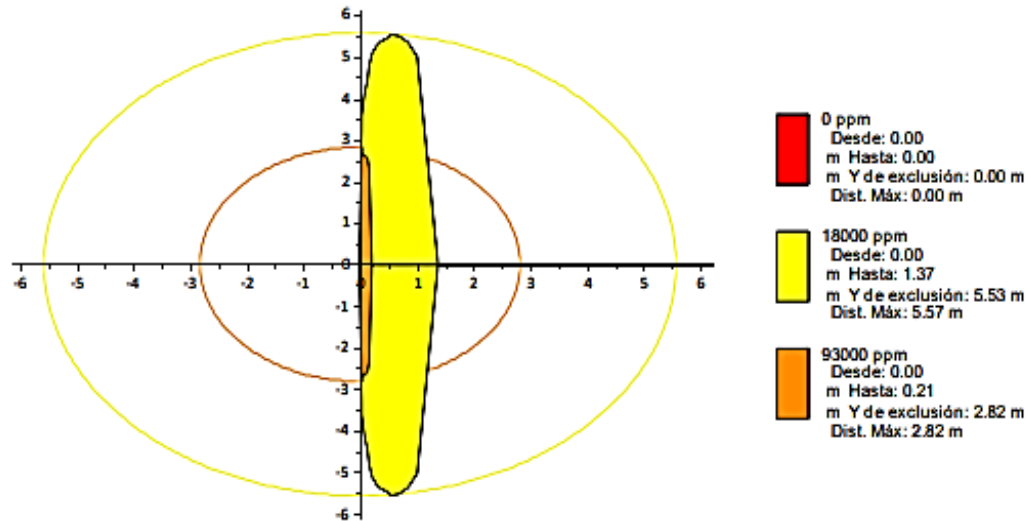
En caso de que se lleve a cabo la liberación (instantánea) de gas L.P. y la posterior inflamación de esta (llamarada), los niveles de radiación térmica alcanzados podrán provocar graves daños a equipos en un radio de 5.57 m y fatalidades en un radio de 2.82 m en dirección perpendicular a la dirección del viento



GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN A LA ALTURA DE INTERÉS (0.00 M)

Título del escenario: Recepción de Gas L.P. Nube Inflamable (Flash Fire)

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



F (Muy Estable) Temp:20.0°C Hum:50 % Viento:1.0 m/s a 10.00 m

- EXPLOSIÓN PROVOCADA POR NUBE EXPLOSIVA

Para la determinación de las zonas de afectación por explosividad se consideró el 10% de la energía total liberada.

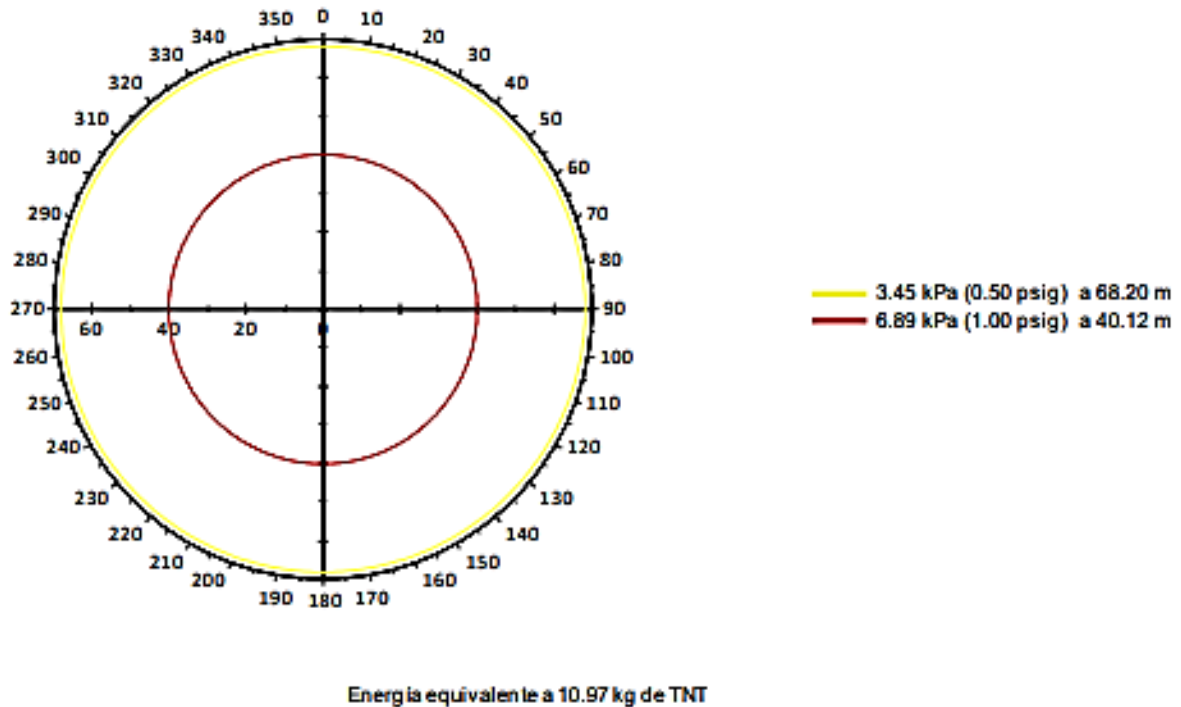
MODELO DE SOBREPRESIÓN PROVOCADO POR NUBES EXPLOSIVAS (EFECTO RADIAL)				
MODELO DE EVALUACIÓN	10.0 psi Distancia de la explosión	3.0 psi Distancia de la explosión	1.0 psi Distancia de la explosión	0.5 psi Distancia de la explosión
Daños por la explosión de la nube no confinada	-----	-----	40.12 m	68.20 m

GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.1)

Título del escenario: Recepción de Gas L.P. 11.15 Kg

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



ESCENARIO 2

TOMA DE RECEPCIÓN

DESFOGUE VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL SEMIRREMOLQUE

Si ocurriera una falla en la válvula de descarga del semirremolque se originaría una fuga continua de GLP, si esta fuga se incendiara sería difícil controlarla debido a la dirección de la llama. Esta llama estaría dirigida hacia el suelo, por lo que ésta se esparciría en forma radial, lo que impediría llegar hasta la válvula. El semirremolque se calentaría a causa de la acción del fuego. Como esta fuga se llevaría a cabo en la parte inferior del tanque, las llamas calentarían la parte del recipiente donde se encuentra la fase líquida de GLP.

Pero debido a que el punto de ebullición del GLP es menor que el punto de fusión del metal, el líquido absorberá la mayor parte del calor generado, mientras que la temperatura de la parte metálica, aunque se eleva, se estabiliza dentro de límites seguros.

En tanto subirá la temperatura de la fase líquida hasta que comienza a evaporarse, esto aumentará la presión interna del recipiente. Cuando la presión alcance cierto valor, entrará en funcionamiento la válvula de seguridad. La capacidad mínima de descarga de la válvula de alivio para el recipiente es de 223.349 m3 /min.

Ante una ignición rápida de la emisión continua de GAS L.P. a través de la válvula de seguridad se tendría la formación de un dardo de fuego (Jet Fire), o bien, si la ignición no ocurre inmediatamente después del inicio del escape, hay la posibilidad de que la nube de vapor evolucione aumentando la posibilidad de que la misma encuentre un punto de ignición a cierta distancia del origen de la fuga dando origen a una explosión con efectos mecánicos. Si bien, la ignición retardada de la emisión continúa de GAS L.P. a través de la válvula de seguridad provocaría una llamarada, esta ocurriría a la altura del origen de la emisión, dado que la nube de vapor formada se dispersará corriente abajo del punto de emisión con densidad superior a la del aire, por lo que tiende a caer y dispersarse a ras del suelo hasta que la nube alcance una densidad parecida a la del aire, por lo que la concentración inicial de la nube a la altura del punto de emisión disminuirá conforme va “descendiendo”

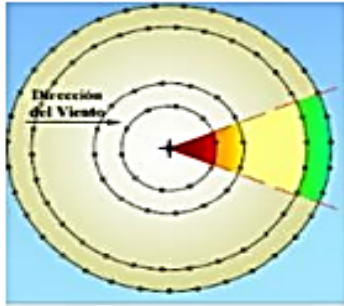
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SEMIRREMOLQUE

Capacidad	47,500 litros volumen agua al 100%
Diámetro exterior	2.26 m
Longitud	12.79 m
Material lámina cabezas	SA-612
Presión de apertura	17.58 kg/cm2
Presión de prueba hidrostática	1.3 veces la presión de diseño

- **RADIACIÓN TÉRMICA POR UN DARDO DE FUEGO (JETFIRE)**

Para la determinación de las zonas de afectación por radiación térmica de un dardo de fuego se consideró la emisión continua de gas L.P. vapor correspondiente a 7.48 kg/s a través de la válvula de seguridad, debido a la sobrepresión del semirremolque. Se calculó la distancia a la cual se encuentran los valores de 5 kW/m2 y 1.4 kW/m2.

Aunque el dardo se fuego se analiza mediante radios de afectación, el efecto real se debe considerar sobre un octavo de círculo



SIMBOLOGÍA

- Zona de llama.
- Afectación extrema.
- Afectación severa.
- Afectación moderada.
- Zona segura.

Área de potencial impacto:

$R > 14.5 \text{ kW/m}^2$

$5.0 \text{ kW/m}^2 < R < 14.5 \text{ kW/m}^2$

$1.6 \text{ kW/m}^2 < R < 5.0 \text{ kW/m}^2$

$R < 1.6 \text{ kW/m}^2$

Punto de fuga:



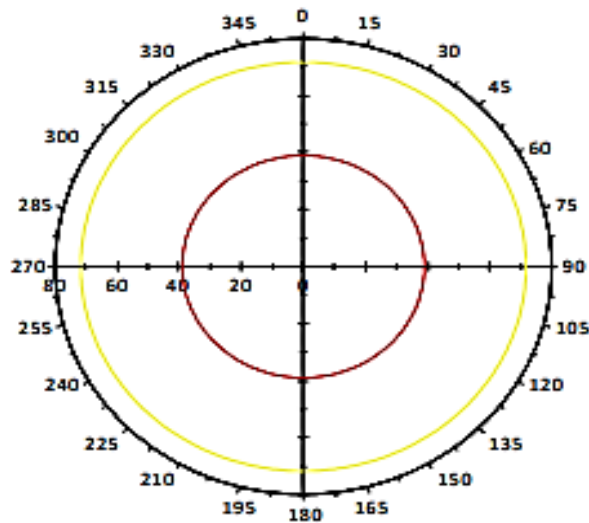
MODELO DE RADIACIÓN POR JETFIRE (DARDO DE FUEGO – EFECTO RADIAL)			
Distancia de afectación a 37.5 kW/m ²	Distancia de afectación a 12.5 kW/m ²	Distancia de afectación a 5 kW/m ²	Distancia de afectación a 1.4 kW/m ²
		38.99 m	71.72 m

GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: Recepción de Gas L.P. Jet Fire Semirremolque 40,000 lt

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



— Radiación: 5.00 kW/m² a 38.99 m

— Radiación: 1.40 kW/m² a 71.72 m

— Radiación: 0.00 kW/m² a 0.00 m

ESCENARIO 3

TOMA DE RECEPCIÓN

BLEVE DEL SEMIRREMOLQUE, DEBIDO A UNA FALLA EN LA VÁLVULA DE DESCARGA DEL SEMIRREMOLQUE, LO QUE PROVOCARÍA UNA FUGA CONTINUA DE GAS L. P.

Si el recipiente del semirremolque continúa calentándose y se alcanza la temperatura límite de sobrecalentamiento se producirá la nucleación espontánea en toda la masa de líquido. Cuando la válvula de seguridad no pueda aliviar la presión creciente, seguirá aumentando la presión hasta que sobrepase la resistencia del recipiente, entonces ésta fallará por la parte más débil y como resultado se producirá una BLEVE.

Se considera que al producirse la BLEVE se vacía el semirremolque, el cual contiene gas líquido al 100% de su capacidad aproximadamente (según el reglamento de distribución de Gas L. P.), esto es, contiene 38,000 litros – ya que se considera un semirremolque de capacidad total por 47,500 litros –. Se toma en cuenta este porcentaje debido a que en el semirremolque se encuentra un espacio vacío que en este caso corresponde al volumen que ocupa el gas en fase vapor, el cual es de un 20% de la capacidad del tanque.

- RADIACIÓN TÉRMICA POR BOLA DE FUEGO (FIREBALL)

DAÑOS CAUSADOS POR RADIACIÓN TÉRMICA (EFECTO RADIAL)			
Distancia de afectación a 37.5 kW/m2	Distancia de afectación a 12.5 kW/m2	Distancia de afectación a 5 kW/m2	Distancia de afectación a 1.4 kW/m2
		522.88 m	975.05 m
Diámetro máximo de la bola de fuego		155.95 m	
Duración de la bola de fuego		12.10 s	

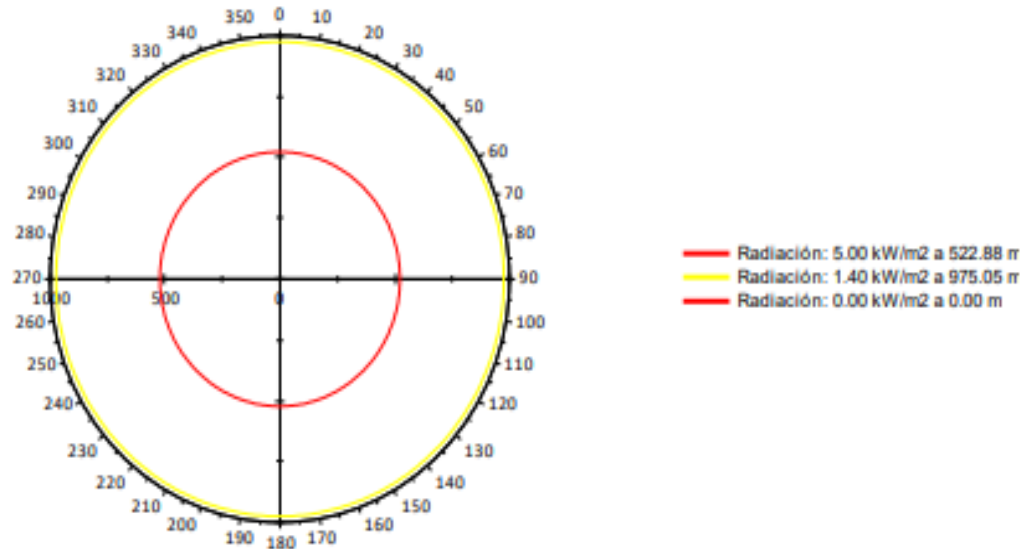


GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: Recepción de Gas L.P., Semirremolque de 40,000 lt BLEVE

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



Masa de la nube 19440.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 155.95 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 12.10 s

ESCENARIO 4

TOMA DE SUMINISTRO

RUPTURA DE LA MANGUERA Y FRACTURA DE LA VÁLVULA DE GLOBO

DATOS UTILIZADOS

Densidad gas Lp (fase líquida)	591.82 kg/m ³
Longitud de la manguera	7 m
Longitud tubería gas líquido	1.2 m
Diámetro de la manguera de gas	0.051 m
Diámetro de la tubería de gas	0.051 m
Capacidad de la bomba	424 l/min

CÁLCULO DE LA MASA FUGADA:

Área transversal de la manguera y de la tubería con un diámetro de 51 mm: $(\pi d^2 / 4)$ [m²]

$$a = \pi d^2 / 4 = \pi (0.051 \text{ m})^2 / 4 = 0.0022990 \text{ m}^2$$

Volumen del líquido atrapado en la tubería:

$$v_{\text{Liq-tubería}} = LA$$

$$v_{\text{Liq-tubería}} = LA = (1.2 \text{ m}) (0.0022990 \text{ m}^2) = 0.0027588 \text{ m}^3$$

Volumen del líquido atrapado en la manguera:

$$v_{\text{Liq-mang}} = LA$$

$$v_{\text{Liq-manguera}} = LA = (7 \text{ m}) (0.0022990 \text{ m}^2) = 0.016093 \text{ m}^3$$

Suma de los volúmenes-líquido

$$Volumen \text{ total} = 0.0027588 \text{ m}^3 + 0.016093 \text{ m}^3 = 0.0188518 \text{ m}^3 = 18.8518 \text{ lt}$$

$$\text{Masa de este volumen: } (591.82 \text{ kg/m}^3) (0.0188518 \text{ m}^3) = 11.156872 \text{ kg}$$

Masa de Gas L.P. que se fuga por la bomba:

$$(\rho_{\text{liq}}) (V)(t) = \text{masa Gas L. P.fugada bomba}$$

$$\text{Capacidad de la bomba} = 424 \text{ L/ min} = 0.424 \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$(591.82 \text{ kg m}^3) (0.424 \text{ m}^3 / \text{min})(0.1 \text{ min}) = 250.93168 \text{ kg}$$

Masa total liberada:

$$\text{masa Gas L. P.fugada bomba} + \text{masa Gas L. P.manguera y tubería}$$

$$\text{masa total-liberada} = 266.1703821 \text{ kg}$$

Se supone que el escape accidental de 266.1703821 kg de GLP correspondiente a una emisión instantánea de corta duración que propicia la formación de una nube inflamable, la cual, tras mezclarse con el aire y encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad a cierta distancia del origen de la fuga origina una ignición retardada que provocará una llamarada (flash fire) y eventualmente una explosión con efectos mecánicos (sobrepresión)

La nube de gas es originada por el desacoplamiento, desconexión o desprendimiento de la manguera para el suministro de GAS LP a los autotanques.

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE) COMO EMISIÓN INSTANTÁNEA

Cálculo de las concentraciones de interés (L.I.I y L.S.I) a 0.0 m, considerando que durante la dispersión de la masa fugada formará una nube de vapor que se dispersará corriente abajo del punto de emisión los vapores con densidades superiores a la del aire tienen la tendencia a caer y dispersarse a ras del suelo hasta que la nube alcance una densidad parecida a la del aire.

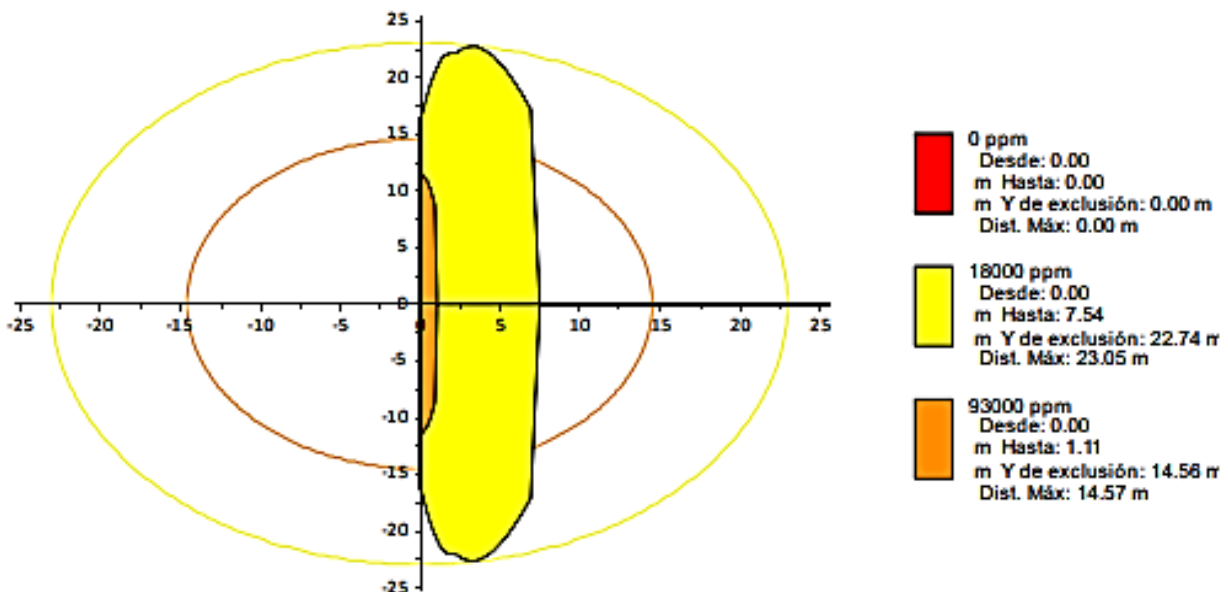
La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida al desprendimiento de la manguera durante la descarga del semirremolque alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 7.54 m.

En caso de que se lleve a cabo la liberación (instantánea) de gas L.P. y la posterior inflamación de esta (llamarada), los niveles de radiación térmica alcanzados podrán provocar graves daños a equipos en un radio de 1.11 m y fatalidades en un radio de 7.54 m en dirección perpendicular a la dirección del viento

GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN A LA ALTURA DE INTERÉS (0.00 M)

Título del escenario: Toma de Suministro Nube Inflamable (Flash Fire)

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



F (Muy Estable) Temp:20.0°C Hum:50 % Viento:1.0 m/s a 10.00 m

- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA

Para la determinación de las zonas de afectación por explosividad se consideró el 10% de la energía total liberada.

MODELO DE SOBREPRESIÓN PROVOCADO POR NUBES EXPLOSIVAS (EFECTO RADIAL)				
MODELO DE EVALUACIÓN	10.0 psi Distancia de la explosión	3.0 psi Distancia de la explosión	1.0 psi Distancia de la explosión	0.5 psi Distancia de la explosión
Daños por la explosión de la nube no confinada	-----	-----	115.51 m	196.34 m



SCRI FUEGO

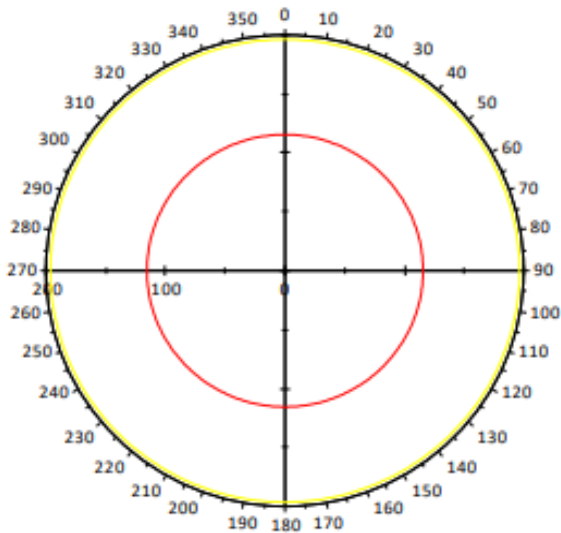
Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.1)

Título del escenario: Toma de Suministro de Gas L.P. Explosión 266.17 Kg

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



3.45 kPa (0.50 psig) a 196.34 m
6.89 kPa (1.00 psig) a 115.51 m

Energía equivalente a 261.77 kg de TNT

ESCENARIO 5

ZONA DE ALMACENAMIENTO

DESFOGUE VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DE 250,000 L VOLUMEN AGUA, POR SEGURIDAD ESTE SE ENCUENTRA AL 80% DE SU CAPACIDAD FUGA DE GAS LP

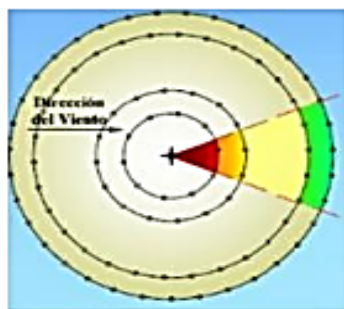
DATOS UTILIZADOS

Capacidad mínima de descarga de la válvula de alivio para el recipiente	223.34 kg/m ³
Tiempo de desfogue de la válvula de seguridad.	1 min
Altura de la parte inferior del recipiente a NPT	1.2 m
Altura del tubo del tubo de desfogue	2.5 m

- RADIACIÓN TÉRMICA POR UN DARDO DE FUEGO (JETFIRE)

Para la determinación de las zonas de afectación por radiación térmica de un dardo de fuego se consideró la emisión continua de gas L.P. vapor correspondiente a 10.28 kg/s a través de la válvula de seguridad, debido a la sobrepresión del semirremolque. Se calculó la distancia a la cual se encuentran los valores de 5 kW/m² y 1.4 kW/m².

Aunque el dardo de fuego se analiza mediante radios de afectación, el efecto real se debe considerar sobre un octavo de círculo



SIMBOLOGÍA

	Zona de llama.
	Afectación extrema.
	Afectación severa.
	Afectación moderada.
	Zona segura.
	Área de potencial impacto:

$R > 14.5 \text{ kW/m}^2$
 $5.0 \text{ kW/m}^2 < R < 14.5 \text{ kW/m}^2$
 $1.6 \text{ kW/m}^2 < R < 5.0 \text{ kW/m}^2$
 $R < 1.6 \text{ kW/m}^2$
Punto de fuga:



MODELO DE RADIACIÓN POR JETFIRE (DARDO DE FUEGO – EFECTO RADIAL)			
Distancia de afectación a 37.5 kW/m2	Distancia de afectación a 12.5 kW/m2	Distancia de afectación a 5 kW/m2	Distancia de afectación a 1.4 kW/m2
_____	_____	49.09 m	90.84 m



SCRI FUEGO

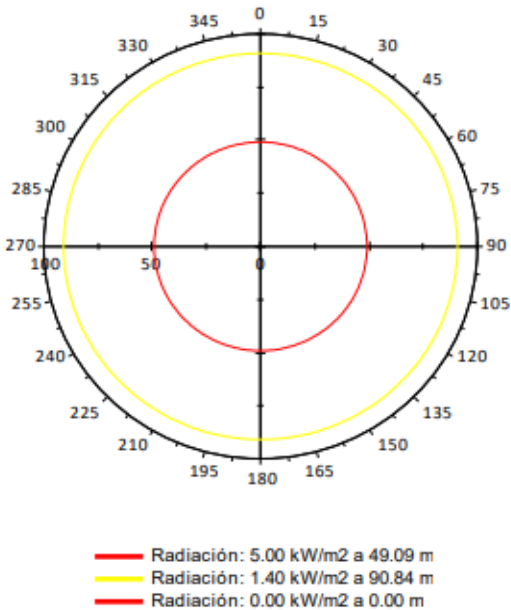
Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: Tanque de Almacenamiento 250,000 lt Jet Fire

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



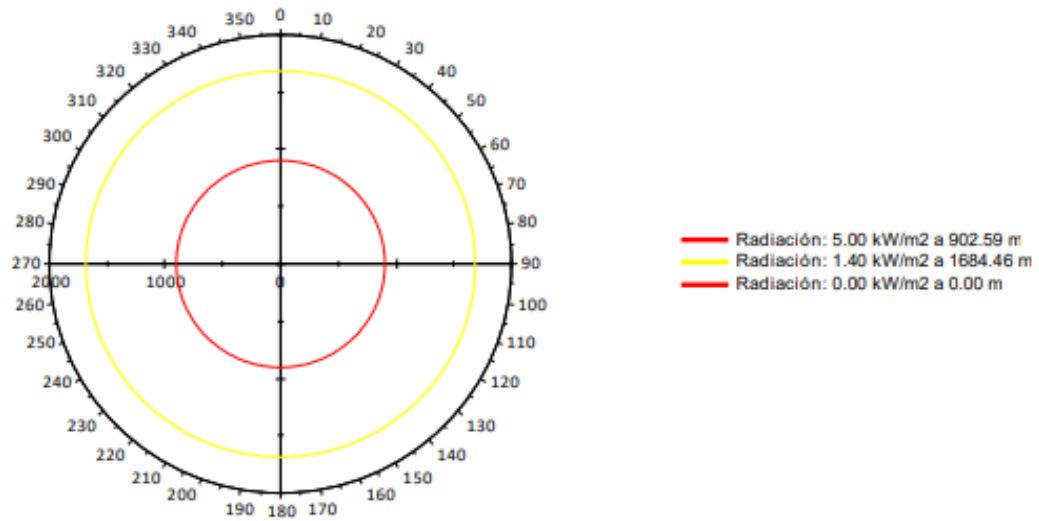
ESCENARIO 6
ZONA DE ALMACENAMIENTO
BLEVE DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE GLP CON CAPACIDAD DE 250,000 L
VOLUMEN AGUA, POR SEGURIDAD ESTE SE ENCUENTRA AL 80% DE SU CAPACIDAD

DATOS UTILIZADOS

Volumen del recipiente al 100%	250,000 l
% de operación	80
Volumen en operación	200,000 l
Volumen libre que puede ocupar la fase gas	50,000 l
Masa del volumen en operación	118,364 kg
Masa del volumen en operación en fase gas.	100.50 kg

- RADIACIÓN TÉRMICA POR BOLA DE FUEGO (FIREBALL)

DAÑOS CAUSADOS POR RADIACIÓN TÉRMICA (EFECTO RADIAL)			
Distancia de afectación a 37.5 kW/m2	Distancia de afectación a 12.5 kW/m2	Distancia de afectación a 5 kW/m2	Distancia de afectación a 1.4 kW/m2
_____	_____	902.59 m	1684.46 m
Diámetro máximo de la bola de fuego		276.21 m	
Duración de la bola de fuego		17.94 s	

**GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN****Título del escenario:** Tanque de Almacenamiento de 250,000 lt BLEVE**Instalaciones:** Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas**Ubicación:** 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O

Masa de la nube 108000.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 276.21 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 17.94 s

ESCENARIO 7**LLENADO DE RECIPIENTES TRANSPORTABLES****DESPRENDIMIENTO DE LA PUNTA POL DURANTE EL LLENADO DE UN RECIPIENTE PORTÁTIL****DATOS UTILIZADOS**

Densidad de la fase líquida	591.82 kg/m³
Longitud de la manguera	2 m
Diámetro de la manguera de gas líquido.	0.013 m

Cálculo de la masa fugada:

Área transversal de la manguera y de la tubería con un diámetro de 51 mm: $(\pi d^2 / 4)$ [m²]
 $a = \pi d^2 / 4 = \pi (0.013 \text{ m})^2 / 4 = 0.000133 \text{ m}^2$

Volumen del líquido atrapado en la manguera:

$$v_{Liq-tuberia} = LA$$

$$v_{Liq-tuberia} = LA = (2 \text{ m}) (0.000133 \text{ m}^2) = 0.000266 \text{ m}^3$$

Masa de este volumen:

$$(591.82 \text{ kg/m}^3) 0.000266 \text{ m}^3 = 0.157 \text{ kg}$$

Se supone que el escape accidental de 0.157 kg de GLP correspondiente a una emisión instantánea de corta duración que propicia la formación de una nube inflamable, la cual, tras mezclarse con el aire y encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad a cierta distancia del origen de la fuga origina una ignición retardada que provocará una llamarada (flash fire) y eventualmente una explosión con efectos mecánicos (sobrepresión)

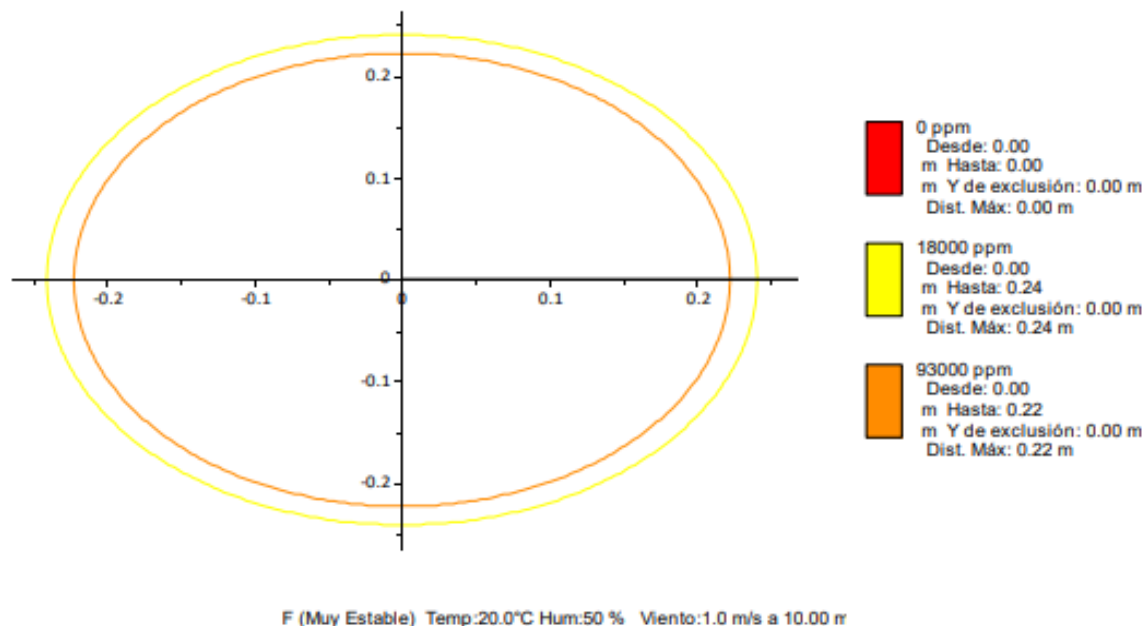
La nube de gas es originada por el desacoplamiento, desconexión o desprendimiento de la punta pol del llenado de recipientes portátiles.

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE)

Cálculo de las concentraciones de interés (L.I.I y L.S.I) a 0.0 m, considerando que durante la dispersión de la masa fugada formará una nube de vapor que se dispersará corriente abajo del punto de emisión los vapores con densidades superiores a la del aire tienen la tendencia a caer y dispersarse a ras del suelo hasta que la nube alcance una densidad parecida a la del aire.

La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida al desconexión o desprendimiento de la punta pol del llenado de recipientes portátiles alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 0.22 m.

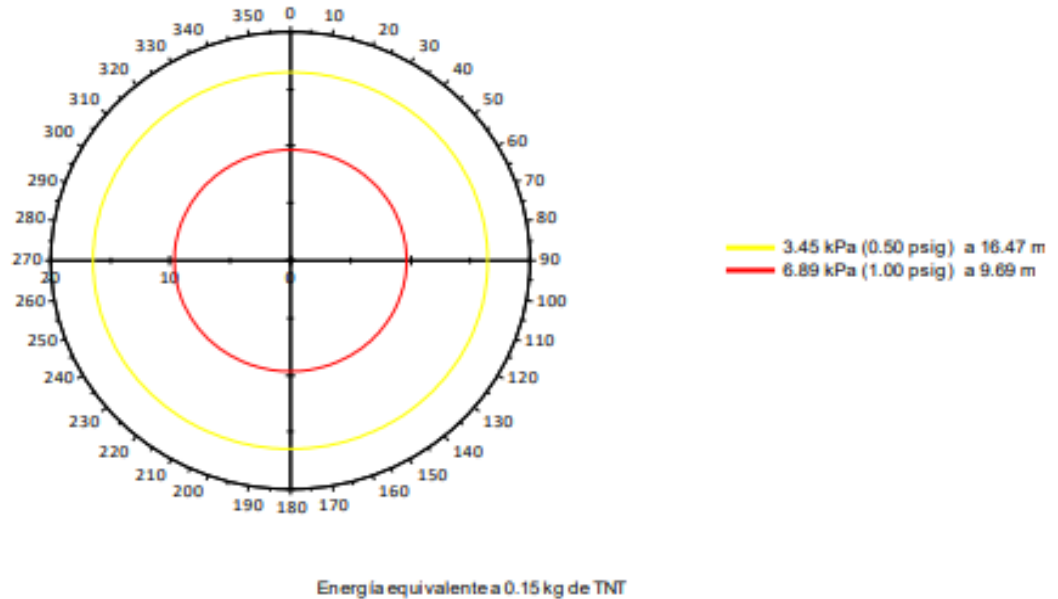
En caso de que se lleve a cabo la liberación (instantánea) de gas L.P. y la posterior inflamación de esta (llamarada), los niveles de radiación térmica alcanzados podrán provocar graves daños a equipos en un radio de 0.24 m y fatalidades en un radio de 0.24 m en dirección perpendicular a la dirección del viento

**GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN A LA ALTURA DE INTERÉS (0.00 M)****Título del escenario:** Llenado de Recipientes Nube Inflamable (Flash Fire) 0.157 Kg**Instalaciones:** Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas **Ubicación:** 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O

- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA

Para la determinación de las zonas de afectación por explosividad se consideró el 10% de la energía total liberada.

MODELO DE SOBREPRESIÓN PROVOCADO POR NUBES EXPLOSIVAS (EFECTO RADIAL)				
MODELO DE EVALUACIÓN	10.0 psi Distancia de la explosión	3.0 psi Distancia de la explosión	1.0 psi Distancia de la explosión	0.5 psi Distancia de la explosión
Daños por la explosión de la nube no confinada	-----	-----	16.47 m	9.69 m

**GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.1)****Título del escenario:** Llenado de Recipientes Transportables Explosión 0.157 Kg**Instalaciones:** Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas**Ubicación:** 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O**ESCENARIO 8****LLENADO DE RECIPIENTES TRANSPORTABLES****FUGA INSTANTÁNEA DEL CONTENIDO TOTAL DE UN
RECIPIENTE TRANSPORTABLE DE 30 KG**

Sí al estar llenando un recipiente transportable, debido al desgaste del material de este en la soldadura del fondo y la presión que se ejerciera por el llenado. provocaría un desprendimiento del tanque con la fuga instantánea de la capacidad de un recipiente transportable.

DATOS UTILIZADOS

Capacidad de almacenamiento al 100%	73 L
% al que debe operar el tanque	70%
Contenido de líquido al 70%	51.1 l
	0.051 m ³
Contenido de vapor en el tanque	0.0219 m ³

Masa de gas liberado: 30 kg

Volumen de GAS LP liberado: 51.1 l

Densidad de la fase vapor: 2.01 kg/m³

Masa de este volumen:

Se supone que el escape accidental de 30 kg de GLP correspondiente a una emisión instantánea de corta duración que propicia la formación de una nube inflamable, la cual, tras mezclarse con el aire y encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad a cierta distancia del origen de la fuga origina una ignición retardada que provocará una llamarada (flash fire) y eventualmente una explosión con efectos mecánicos (sobrepresión)

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE)

Cálculo de las concentraciones de interés (L.I.I y L.S.I) a 0.0 m, considerando que durante la dispersión de la masa fugada formará una nube de vapor que se dispersará corriente abajo del punto de emisión los vapores con densidades superiores a la del aire tienen la tendencia a caer y dispersarse a ras del suelo hasta que la nube alcance una densidad parecida a la del aire.

La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida a falla mecánica de las paredes del recipiente portátiles alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 2.33 m.

En caso de que se lleve a cabo la liberación (instantánea) de gas L.P. y la posterior inflamación de esta (llamarada), los niveles de radiación térmica alcanzados podrán provocar graves daños a equipos en un radio de 4.18 m y fatalidades en un radio de 2.33 m en dirección perpendicular a la dirección del viento.

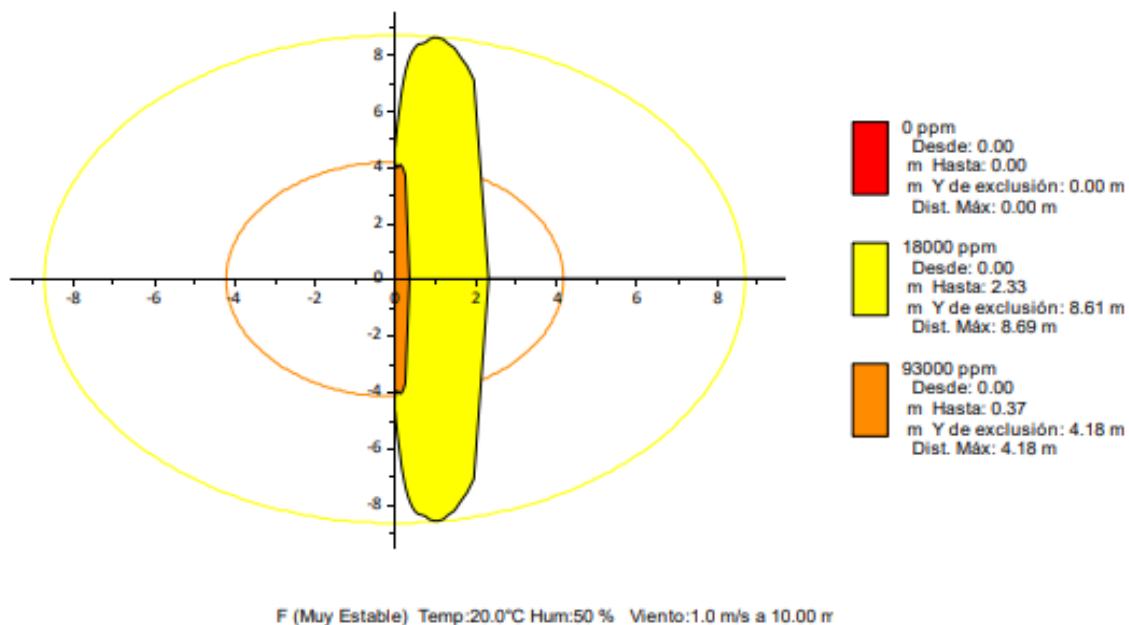


GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN A LA ALTURA DE INTERÉS (0.00 M)

Título del escenario: Llenado de Recipientes Nube Inflamable (Flash Fire) 30 Kg

Instalaciones: Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas

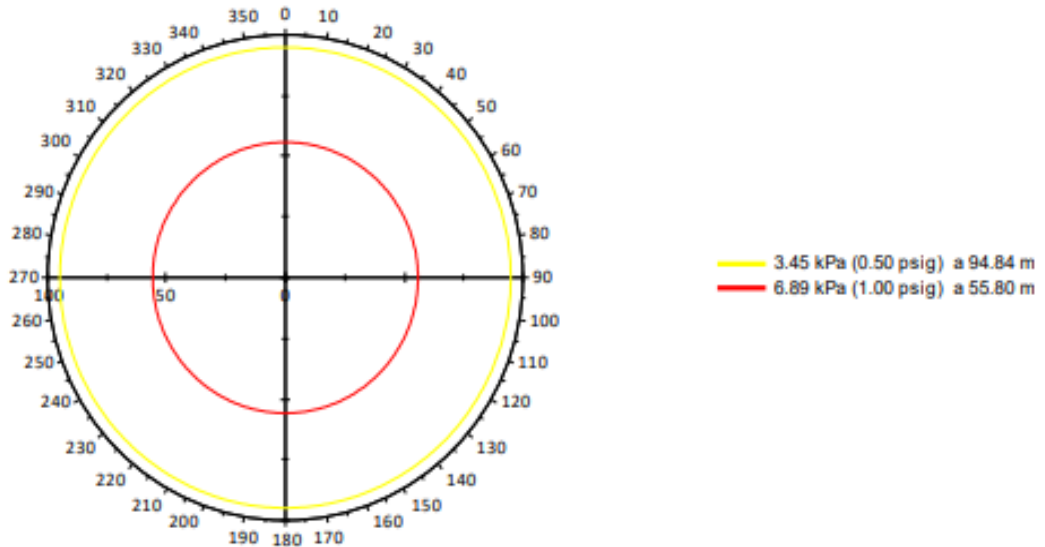
Ubicación: 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O



- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA

Para la determinación de las zonas de afectación por explosividad se consideró el 10% de la energía total liberada.

MODELO DE SOBREPRESIÓN PROVOCADO POR NUBES EXPLOSIVAS (EFECTO RADIAL)				
MODELO DE EVALUACIÓN	10.0 psi Distancia de la explosión	3.0 psi Distancia de la explosión	1.0 psi Distancia de la explosión	0.5 psi Distancia de la explosión
Daños por la explosión de la nube no confinada	-----	-----	55.80 m	94.84 m

**GRÁFICA DE RADIOS DE SOBREPRESIÓN (F.E.E. = 0.1)****Título del escenario:** Llenado de Recipientes Transportables Explosión 30 Kg**Instalaciones:** Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas**Ubicación:** 20° 53' 44.27 N, 101° 30' 15.00 O

Energía equivalente a 29.50 kg de TNT

Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).

La definición y justificación de las zonas de seguridad al entorno de la instalación se sustenta en los criterios que se indican a continuación:

	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de alto riesgo por daño a equipos	37.5 kW/m ² 12.5 kW/m ²	10.0 psi 3.0 psi
Zona de alto riesgo	5 kW/m ²	1.0 psi
Zona de Amortiguamiento	1.4 kW/m ²	0.5 psi

Por lo tanto, las zonas de seguridad en torno a la instalación quedarán definidas por los radios potenciales de afectación arrojados por la evaluación del EVENTO CATASTRÓFICO (de menor probabilidad, pero de mayor daño) el cual corresponde a la BLEVE del tanque de almacenamiento con capacidad de 250,000 litros, que por seguridad nunca se encuentran a más del 80% de su capacidad.

Es necesario aclarar que este evento está sobrestimado, ya que como se mencionó anteriormente su probabilidad es muy baja, y si consideramos que:

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD (FRECUENCIA)} * \text{DAÑO}$$

Aunque el daño puede resultar un tanto significativo, la probabilidad es tan baja que el riesgo es mínimo.

Si evaluáramos estrictamente el riesgo de manera matemática, referente al evento catastrófico, tenemos:

$$\text{Probabilidad} = \frac{\text{CERO} - \text{BLEVE} - \text{en} - \text{empresas} - \text{privadas}}{\text{En} - 100 - \text{años}}$$

$$\text{Daño} = \frac{\text{CERO} - \text{Víctimas}}{\text{Por} - \text{BLEVE} - \text{en} - \text{empresas} - \text{privadas}}$$

Nota: Registro observado de un "Análisis histórico de incidentes BLEVE" reportado en el "Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras; Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño, Vol. I, pag. 348 Ed. Mc Graw Hill".

Matemáticamente el valor del RIESGO es "CERO víctimas", sin embargo, sabemos que el riesgo siempre existe, además hallar un valor de riesgo siempre es una PREDICCIÓN, por lo que es importante incrementar medidas de seguridad, para disminuir radios de afectación.

Se considera que la explosión BLEVE tiene una probabilidad baja debido a que es consecuencia de una serie de eventos específicos como los que se describen a continuación:

SUCESO INICIAL.

Para que se diera el evento 6 que definimos como evento de menor probabilidad, pero de mayor daño, debe presentarse el evento 3, el cual se desarrolla en el supuesto de que ninguna medida mitigante funcione, situación sobrestimada. Las medidas de seguridad que actuaran en caso de que se presente esta situación son:

Respuestas de seguridad.

- Válvulas hidrostáticas en todas las tuberías necesarias.
- Paros automáticos.
- Válvulas de exceso de flujo.

Mitigación.

- Venteo. (Válvulas de seguridad para aliviar exceso de presión el tanque de almacenamiento).
- Sistema de aspersión en área de almacenamiento.
- Hidrantes.
- Extintores.

Operaciones de emergencia

- Alarmas.
- Procedimientos de emergencia.
- Equipos de protección personal.

Respuestas de control, respuestas de los operadores.

- Identificación de paros automáticos, tablero eléctrico.
- Capacitación a los operarios (planteros).
- Participación en el desarrollo de simulacros.
- Formación de brigadas.

Agentes externos.

- Promocionarán la participación y desarrollo de Programas de Prevención de Accidentes a nivel interno y externo.

Flujo adecuado de información.

- Desarrollarán propuestas para informar a la población presente en los alrededores y principalmente a las industrias cercanas.

A continuación, se representan cada uno de los eventos máximos probables 1, 4, 7 y 8 que presentan mayor probabilidad de ocurrencia (con respecto a los demás) y que en caso de presentarse estos pueden ser controlados fácilmente, sin que se tengan consecuencias mayores. Asimismo, se representa el evento 3 que es el iniciador que desencadena el evento 6.

INTERACCIONES DE RIESGO

EFFECTO DOMINO.

El efecto dominó se puede definir como "un conjunto correlativo de sucesos en los que las consecuencias de un accidente previo se ven incrementadas por éstos, tanto espacial como temporalmente, generando un accidente grave".

La definición que se presenta en el Real Decreto 1254/99, es la siguiente:

"La concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, explosión, estallido en los mismos, que a su vez provoque nuevos fenómenos peligrosos"

A partir de esta definición, se puede deducir lo siguiente:

Un efecto dominó implica la existencia de un accidente "primario" o "iniciador" que afecta a una instalación primaria (este accidente puede no ser un accidente grave), pero que induce uno o varios accidentes "secundarios" que afectan a una o varias instalaciones secundarias. Este accidente o accidentes secundarios deben ser accidentes más graves y deben extender los daños del accidente "primario".

Se pueden definir tres tipos de sucesos iniciadores:

1. Incendio.
2. Explosión.
3. Projectiles

La extensión de los daños es tanto espacial (áreas no afectadas en el accidente primario, ahora resultan afectadas), como temporal (el accidente secundario afecta a la misma zona, pero retardado en el tiempo; en este caso las instalaciones primarias y secundarias pueden ser la misma), o ambas.

Los eventos que se consideran tienen potencial para generar la escalación a un evento de mayores proporciones es la BLEVE de un recipiente presurizado (semirremolque y tanques de almacenamiento temporal de Gas L.P.), una vez que en caso de que alguno de estos eventos ocurra se considera que, debido a la cercanía de los otros recipientes, se generaría un efecto dominó lo cual implica las explosiones del tipo BLEVE de los tanques de almacenamiento de Gas L.P. restantes.

Como se ha mencionado en la propuesta de los eventos a evaluar en el presente estudio, la BLEVE de uno de los recipientes de almacenamiento temporal de GLP es resultado de la interacción de la BLEVE de un semirremolque con dicho tanque.

Se conoce que entre los efectos de una explosión tipo BLEVE están las ondas de sobrepresión, la radiación térmica y los proyectiles provenientes de la fragmentación del recipiente. Dichos efectos de daño directo son causas de propagación favoreciendo la aparición de otras eventualidades denominadas secundarias que pueden aparecer de manera serial o paralela, teniendo como consecuencia algún daño en una unidad de proceso o recipiente de alguna sustancia química peligrosa.

Es importante señalar que como posibles vectores de escalación de eventos se consideran la sobrepresión y la proyección de fragmentos, debido a la corta duración de la bola de fuego lo que limita la posibilidad de que ésta llegue a generar daños estructurales en equipos de proceso o instalaciones. Cabe mencionar que a algunos autores consideran que entre un 30 y 50 % de los accidentes que involucran un evento dominó provienen de los efectos de onda de sobrepresión.

Se considera que las ondas de sobrepresión se mueven radialmente desde el punto de la explosión. La interacción de dichas ondas con otros elementos (equipos de proceso y/o recipientes) depende

del diseño del equipo (resistencia). Cabe destacar que, al ocurrir una explosión, el efecto de la onda de sobrepresión va disminuyendo conforme aumenta la distancia, por lo que el impacto que una persona puede recibir, dependerá de la distancia a la cual se encuentre del origen de la explosión y el apantallamiento (bardas, árboles, edificios, etc.) que a su paso se encuentren. Esto se debe a que la energía contenida en la onda por la cual se transporta la sobrepresión se transfiere como pérdidas de calor hacia el exterior, por lo cual se puede afirmar que la magnitud de la onda de sobrepresión y la distancia guardan una relación inversamente proporcional.

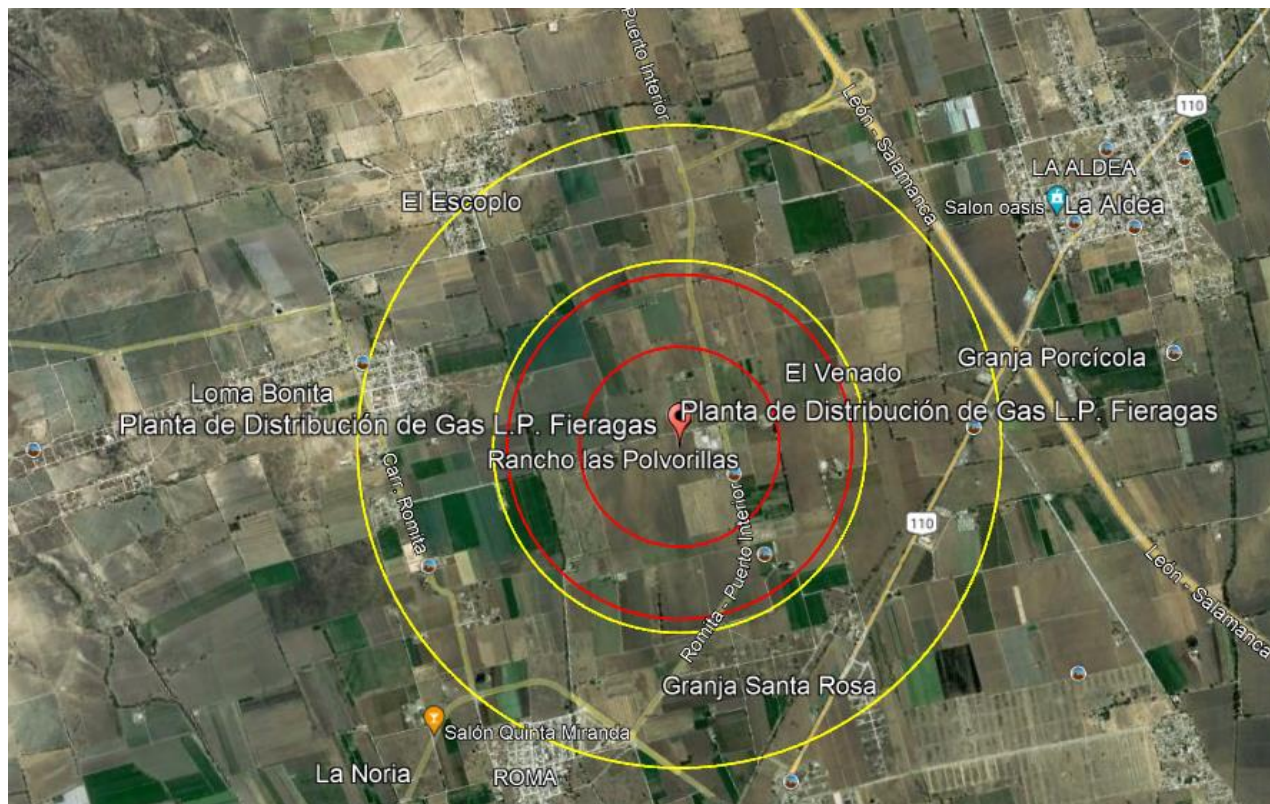
Por lo que en este apartado se presenta un análisis y evaluación de las posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo Por Daño a Equipos definidas por los efectos de la BLEVE

Aunque la radiación térmica emitida por la BLEVE del tanque de almacenamiento es la que posee mayores alcances, es de suma importancia resaltar que el nivel de daño estará en función del flujo térmico recibido, el tiempo de exposición y la distancia a la que se encuentre el elemento de interés.

De acuerdo con Robertson, R.B.; (1976). *"Spacing in Chemical Plant Design Against Loss by Fire". I. Chem. E. Symposium Series, 47, Accidental release, assessment containment and control, 157*; pueden producirse incendios secundarios en edificaciones cuando éstas se hallen sometidas a flujos de radiación superiores a 12.6 kW/m² y cuando la radiación sea superior a 37.5 kW/m² se pueden provocar daños a equipos de proceso y tanques de almacenamiento de productos inflamables.

El valor límite para edificaciones es inferior al de plantas de proceso debido a la generación de mayor emisión de vapores inflamables en los elementos estructurales de madera, papel, plásticos, recubrimientos, etc. El segundo límite se fundamenta en estudios sobre distribución de tanques de almacenamiento de productos inflamables, donde se establece que, por razones de seguridad ante el incendio de un tanque, cualquier otro contiguo no debe recibir una radiación superior al valor indicado. El citado autor establece un límite de tiempo en torno a 20 minutos para que se produzca la ignición del elemento vulnerable.

En este sentido se tiene que, en caso de una eventualidad relacionada con el fenómeno de la BLEVE del semirremolque, de un tanque de almacenamiento de 250,000 se esperarían incendios secundarios en un radio de 522.88, y 902.59 metros, respectivamente, donde únicamente se encuentran instalaciones y terreno propiedad de la misma empresa



Sin embargo, para que se produzca la ignición del elemento vulnerable este deberá recibir dicha radiación por un tiempo mínimo de 20 minutos, situación poco probable, una vez que esto supone que ante el desarrollo de un incendio secundario en estas instalaciones ninguna medida mitigante funcione. Asimismo, la corta duración de la bola de fuego limita la posibilidad de que ésta llegue a generar daños estructurales en equipos de proceso o instalaciones; no eximiendo de esta forma que dicha radiación afecte a las personas o genere incendios secundarios.

Por lo tanto, queda claro que el tiempo de exposición a la radiación incidente es un factor determinante para que se pueda desarrollar un efecto dominó, por lo que la actuación inmediata de los equipos y dispositivos de seguridad con que cuenta cada una de estas instalaciones reducirá la posibilidad de que esto suceda.

A continuación, se analizará el vector de escalación por sobrepresión de BLEVE.

Se considera que las ondas de sobrepresión se mueven radialmente desde el punto de la explosión. La interacción de dichas ondas con otros elementos (equipos de proceso y/o recipientes) depende del diseño del equipo (resistencia).

Cabe destacar que, al ocurrir una explosión, el efecto de la onda de sobrepresión va disminuyendo conforme aumenta la distancia, por lo que el impacto que una persona puede recibir, dependerá de

la distancia a la cual se encuentre del origen de la explosión y el apantallamiento (bardas, árboles, edificios, etc.) que a su paso se encuentren.

Esto se debe a que la energía contenida en la onda por la cual se transporta la sobrepresión se transfiere como perdidas de calor hacia el exterior, por lo cual se puede afirmar que la magnitud de la onda de sobrepresión y la distancia guardan una relación inversamente proporcional.

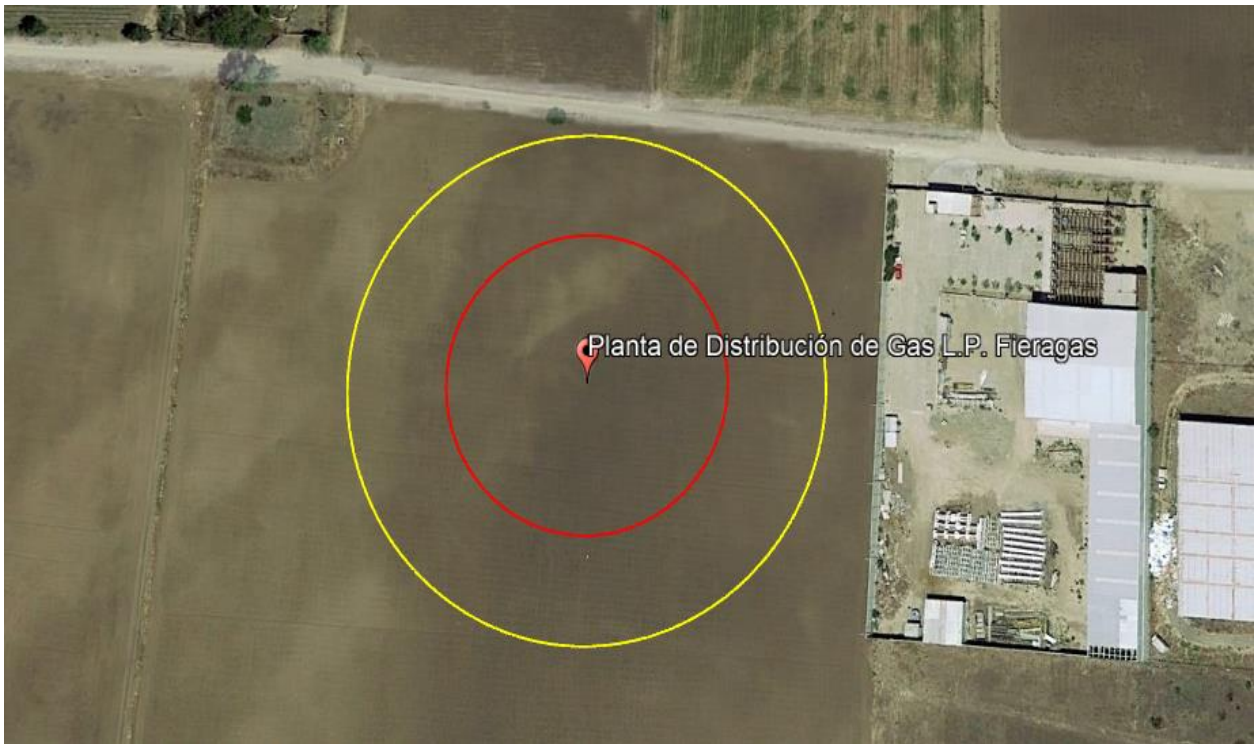
En la siguiente tabla se presentan los daños a equipos en diferentes niveles de presión:

Tabla. Daños a equipos a diferentes niveles de presión

Presión	Daño
20.00 kpa (2.9 psi)	Desplazamiento de soportes de acero Deformación de tubos 20% daño, proceso de planta 100% daño, tanque atmosférico 50% daño de equipo
27 kpa (3.92 psi)	Falla de un recipiente de acero
35.00 kpa (5.08 psi)	80% de daño de la planta de proceso
42.0 kpa (6.09 psi)	Falla de tubos Deformación de recipiente presurizado
47 kpa (6.82 psi)	Fallas en equipos no presurizados
55 kpa (7.98 psi)	20% de daño en tanque de petróleo de acero esférico
61.22 kpa (8.88 psi)	Falla catastrófica en tanque horizontal presurizado
69.0 kpa (10.01 psi)	Desplazamiento y falla de equipo pesado

Fuente: "Damage to Process Equipment Due to Pressure Loads"

A continuación, se describen los radios de afectación arrojados por el Modelo de Sobrepresión provocado por nubes explosivas del software SCRI – Fuego. La Zona de Alto Riesgo Por Daño a Equipos determinada por la onda de sobrepresión causada por la expansión del vapor y del líquido contenido en los recipientes de GLP (semirremolque) y por la explosión de la NVNC de masa emitida por el desfogue de la válvula de seguridad de dichos recipientes se tiene el siguiente análisis:



Cabe recordar que para que se lleve a cabo una BLEVE deben darse ciertas condiciones necesarias para la producción de este fenómeno, tales como:

- Tiene que tratarse de un gas licuado o un líquido sobrecalentado y a presión.
- Que se produzca una súbita baja de presión en el interior del recipiente, esta condición puede ser originada por impactos, rotura o fisura del recipiente, actuación de un disco de ruptura o válvula de alivio con diseño inadecuado.

Por lo que las medidas preventivas orientadas a la reducción de la probabilidad de presentarse una BLEVE están orientados a evitar las condiciones determinantes que permiten el desarrollo de este fenómeno y la cuales están orientadas a:

- Limitación de presiones excesivas.
- Limitación de temperaturas excesivas.
- Prevención de roturas en las paredes de los depósitos

MEDIDAS PARA LA LIMITACIÓN DE PRESIONES EXCESIVAS.

A) Diseño adecuado de válvulas de seguridad y discos de ruptura.

Las válvulas de seguridad para alivio de presiones, así como los discos de ruptura, son dos elementos clave frente a sobrepresiones. Estos permiten que no se alcance la presión de diseño de los propios

recipientes. Tales elementos de seguridad, por un incorrecto diseño o por un deficiente mantenimiento, pueden convertirse en ineficaces, por lo que es fundamental que en todo momento dichos elementos estén en perfectas condiciones.

Las válvulas de seguridad bien diseñadas deberán al menos retrasar el tiempo de aparición de la BLEVE, al ir descargando al exterior y de no existir un incendio considerable hacerla más dificultosa por liberación de fluido interior.

Con base en los conocimientos expuestos sobre la formación de BLEVE's, de ser posible, las válvulas de alivio de presiones deberían estar dimensionadas para que abrieran antes de alcanzarse la presión correspondiente a la temperatura límite de sobrecalentamiento y ello con una inercia de respuesta mínima.

De acuerdo con lo anterior, el tanque cuenta con dos aditamentos múltiples bridados marca CMS modelo 5850-A de 101 mm (4") de diámetro. Cada múltiple cuenta con cuatro válvulas de seguridad marca REGO modelo 3165 de 64 mm (2½") de diámetro con capacidad de 307 m³ /min cada una. Considerando que operan solo 2 válvulas en el múltiple.

B) Control riguroso del grado de llenado de los recipientes.

Es una medida de seguridad fundamental, no sobrepasar nunca el llenado máximo permitido por normativa, el cual está en función de las características del fluido y de sus condiciones de almacenamiento.

Ningún recipiente es capaz de resistir la sobrepresión que se genera sobre sus paredes interiores a causa de la dilatación del propio líquido al aumentar la temperatura. Por este motivo los tanques de almacenamiento están dotados de los adecuados sistemas de regulación y control del nivel de llenado (medidor rotatorio de nivel, medidor magnético de nivel, válvulas de exceso de flujo, etc.)

El recipiente cuenta con las siguientes características:

- Un medidor rotatorio magnético para nivel liquido marca Magnatel de 25.4 mm de diámetro
- Un termómetro marca Rochester de -60°C a 40°C, de 12.7 mm de diámetro.
- Un manómetro marca EVA con graduación de 0-21 kg/cm² de 6.4 mm de diámetro.
- Dos válvulas de máximo llenado marca Rego de 6.35 mm de diámetro, al 85 y 90% del volumen.

MEDIDAS PARA LA LIMITACIÓN DE TEMPERATURAS EXCESIVAS.

Dado que el calor radiante producido en los incendios es la principal fuente de generación de estas explosiones, es fundamental un riguroso control sobre las medidas de prevención contra los incendios.

A continuación, se indican las medidas básicas:

SISTEMAS DE ASPERSIÓN.

Esta medida es imprescindible para evitar el impacto térmico sobre la superficie de todo recipiente expuesto a fuego directo o a los efectos de radiación térmica de una BLEVE o incendio generado en un área próxima.

El agua contra incendios rociará todo el depósito pero en especial su parte superior en contacto con la fase vapor en donde pueden alcanzarse fácilmente temperaturas críticas.

Tal rociado de agua forma parte de la instalación fija de agua contra incendios. La tubería está instalada simétricamente por arriba de cada tanque y son de 51 mm de diámetro.

El rociado se hace colocando boquillas aspersores uniformemente repartidas y alineadas a lo largo de la tubería, colocando 12 boquillas para el tanque. Las boquillas de rociado son marca Spraying Systems con un gasto de 61.31 L.P.M. y a una presión de 3.0 kg/cm

PREVENCIÓN DE ROTURAS EN LAS PAREDES DE LOS DEPÓSITOS.

Es evidente que los depósitos que contienen gases licuados a presión deben estar sometidos a un riguroso control periódico de espesores y grado de corrosión tanto interior como exterior. Las medidas de control deben extremarse en las soldaduras por la posible existencia de defectos y por ser éstos los puntos más vulnerables.

Asimismo, de conformidad con la NOM-013-SEDG-2002 se realiza la medición ultrasónica de espesores al recipiente a los diez años contados a partir de su fecha de fabricación, y posteriormente cada cinco años.

En el caso de los recipientes de almacenamiento, se cuenta con los siguientes dictámenes técnicos de conformidad con la ya mencionada Norma, emitidos por la UVSELP-070-C Unidad de Verificación Jorge Santa Rosa Martínez

DETERMINACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD DEL PROYECTO CON LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La planta de distribución de GLP perteneciente a FIERA GAS, S.A. de C.V. se ubicará en la carretera Carretera Romita - Puerto Interior km 1.9, interior 7, predio rustico La Aldeita, municipio de Romita, estado de Guanajuato, un predio con un área total de 10,000 m².

La operación del presente proyecto busca ser compatible con las políticas establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT), con la finalidad de dar cumplimiento y

contribuir al mejoramiento sustentable del sitio donde se ubica la planta, la cual se encuentra dentro de la Unidad de Gestión Ambiental UGA 381 denominada Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial – 2040 del estado de Guanajuato.

En relación con el requerimiento que exige la NOM-001-SESH-2014 en su numeral 4.2.1.26 referente a la distancia mínima externa equivalente a 100 m de la tangente del recipiente de almacenamiento respecto a casas habitación, escuelas, hospitales, centros de reunión, el proyecto cumple en su totalidad con esta exigencia. En este sentido, se determina que las actividades de la instalación son compatibles con los lineamientos señalados en las líneas anteriores, además, de considerar que las actividades del proyecto no contemplan procesos de transformación de materiales o reacciones químicas, además de tener contempladas medidas de prevención y mitigación para los posibles eventos indeseados que pudieran presentarse.

Por lo que se concluye que, si bien en el radio de la zona de alto riesgo por daño a equipos definida por el evento catastrófico no se ubican instalaciones de tipo comercial y de servicios, por lo tanto, no habrá una interacción de riesgo, no obstante, existe la posibilidad de que la BLEVE del tanque instalados en la planta desencadene un efecto domino con otro recipiente.

EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Con base en el análisis de consecuencias de los eventos máximos probable y catastrófico se determinaron las zonas totales de alto riesgo por daño a equipos, alto riesgo y amortiguamiento, las cuales están definidas por el evento máximo catastrófico (de menor probabilidad, pero de mayor daño), el cual corresponde a la BLEVE del tanque de capacidad 250,000 litros de agua al 100%



Por lo que las zonas totales de afectación quedaron definidas por el tanque de la planta, las cuales equivalen a 902.259 m y 1684.46 metros, dichas distancias corresponden a 5.0 y 1.40 kW/m², respectivamente, considerando la combustión del contenido total del tanque al 80%.

ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

Al interior del municipio se desarrollan diferentes actividades económicas, como la industria de manufacturas, comercio y la agricultura principalmente.

El índice de unidades de comercio y abasto por habitante es menor a la media Estatal, sin embargo, existe un alto porcentaje de comerciantes, prestadores de servicios e industria que no cuentan con ningún tipo de licencia para su funcionamiento. Con base en la información anterior, se identificaron las localidades aledañas al sistema ambiental que presentan establecimientos económicos, obteniendo solamente a El Escopio, Roma y El Encanto.



Unidades económicas que se encuentran del lado oeste y cercanas a la planta de distribución de GAS L.P.:

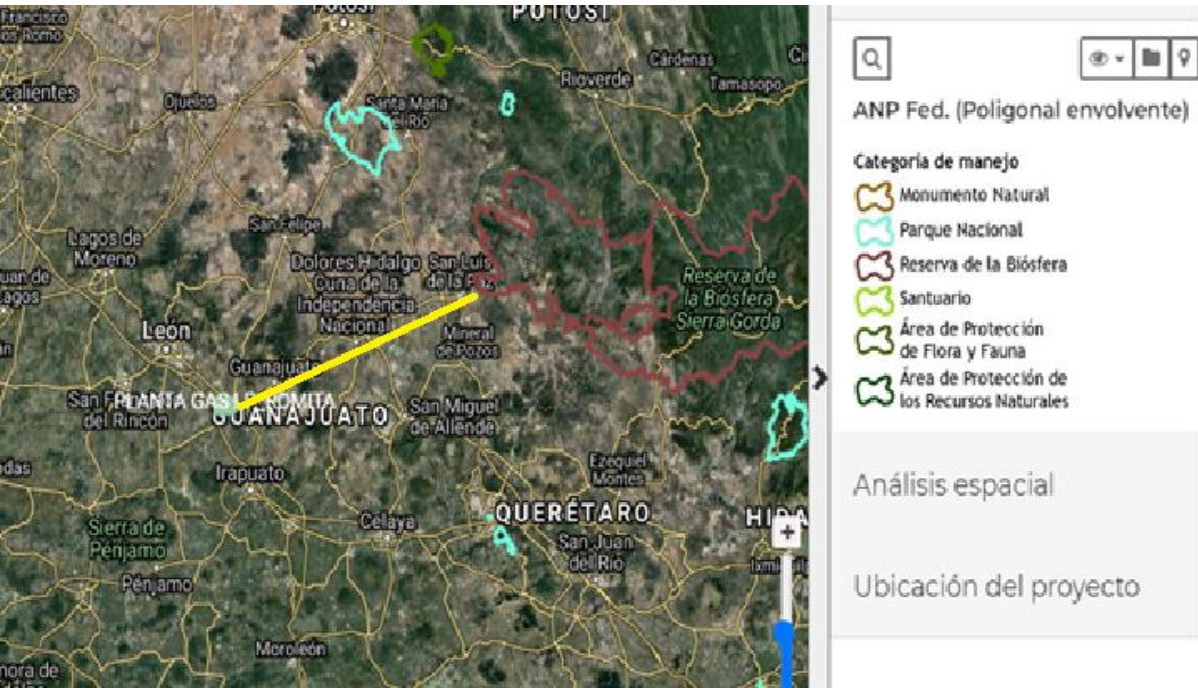
Unidad económica	Distancia (m)
Gasolinera Shell	1518
Granja Santa Rosa	1379
Renta de Juegos Inflables	1457
Gasolinera Parador San Gilberto, SA de CV	1448
Hielos Grupo Crypuraice	1617
Rancho El Escopio	1338

ASENTAMIENTOS HUMANOS.

Particularmente dentro del área de peligro no se encuentra ningún asentamiento humano, estando cubierto por terrenos sin actividad y algunas zonas con actividad agrícola.

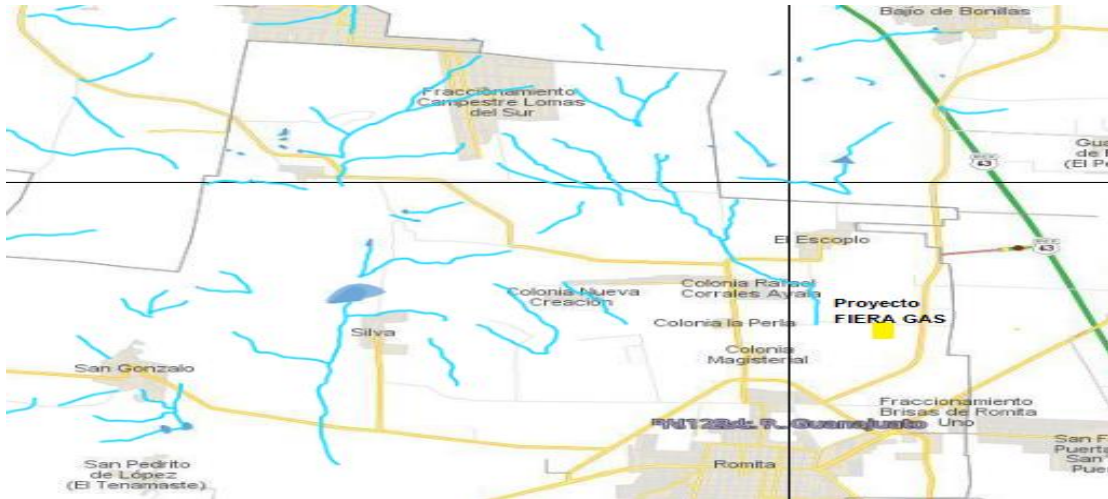
ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.

De acuerdo con la información obtenida acerca de las Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal y federal se pudo identificar que el proyecto no se encuentra inmerso dentro de alguna de ellas, siendo la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda el ANP más cercana, con aproximadamente 50 kilómetros de distancia.



CUERPOS DE AGUA.

El Sistema Ambiental se encuentra ubicado dentro la Región Hidrológica (RH12) Lerma-Santiago, Cuenca (B) Lerma-Salamanca, y se reconocen dos zonas de escurrimiento: La Subcuenca (d) Río Guanajuato, en un 85.01% de su territorio y la subcuenca (g) y Río. Turbio-Corralejo en un 14.99% de su superficie municipal.



FLORA

La flora del municipio está constituida por especies forrajeras, tales como navajita, mezquite, pata de gallo, popotillo plateado, búfalo, retorcido, moreno, tres barbas, lanudo, navajita filiforme y glandular, banderita, colorado, falsa grama y cola de zorra. Además, existen otras especies como huisache, gatuño, largoncillo, cuajote, palo blanco, pochote, órgano, garambullo, vara dulce, casahuate y nopal.



Vista Interior Lado Norte Carretera Estatal Romita
Puerto Interior



Vista Interior Lado Sur Con terreno de la empresa
Fiera Gas, S.A. de C.V. sin actividad.



Vista Interior Lado Este. Con terreno de la empresa Fiera Gas, S.A. de C.V. sin actividad.



Vista Interior Lado Oeste. Con terreno de la empresa Fiera Gas, S.A. de C.V. sin actividad.

Una vez realizado un recorrido en el predio donde se pretende construir el proyecto, se observaron las siguientes especies:

- Sembrados de maíz: *Zea mays*
- Pasto Común: *Cynodon dactylon*

No se encontraron especies de interés comercial.

- No se presentan especies endémicas y/o en peligro de extinción de flora con estas características.
- No se presentan especies de flora con valor cultural para etnias o grupos locales.

FAUNA

Se realizó una investigación sobre la fauna que probablemente se localice en el área de estudio, que arrojó los siguientes resultados.

Venado de cola blanca, coyote, lobo, zorra gris, zorrillo, comadreja, tejón, mapache, lince gato montes, puma león de montaña, murciélago, conejo, rata, liebre, tuza, tlacuache.

Sin embargo, en el área de estudio no se observó ninguna especie anteriormente listada, por lo que:

- No se presentan especies de fauna endémica y/o en peligro de extinción con estas características.
- No se enlistaron especies de interés comercial en el área de estudio.

EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL.

TOMA DE RECEPCIÓN

- FUGA Y EXPLOSIÓN DE GAS L.P. DE UNA NUBE NO CONFINADA, A CAUSA DEL DESPRENDIMIENTO DE LA MANGUERA EN LA TOMA DE RECEPCIÓN DURANTE LA DESCARGA DE GAS L.P. DEL SEMIRREMOLQUE AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Onda de sobrepresión dando pauta a daños en la infraestructura de la planta y a la modificación de estructura de suelo y a su vegetación.

- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 7.56 psi – 10 m
- Zona de alto riesgo por daño a equipos: 2.506 psi – 20 m
- Zona de alto riesgo: 1.00 psi – 40.12 m
- Zona de amortiguamiento: 0.5 psi – 68.20 m



- EMISIÓN INSTANTÁNEA DE CORTA DURACIÓN PROVOCADA POR EL DESFOQUE DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL SEMIRREMOLQUE FORMANDO UNA NUBE INFLAMABLE QUE AL ENCONTRAR UNA FUENTE DE IGNICIÓN ORIGINA UNA IGNICIÓN RETARDADA QUE PROVOCARÁ UNA LLAMARADA O FLASHFIRE

Límite inferior de inflamabilidad (L.I.I) a los 2.82 m.

MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Dispositivos y accesorios de seguridad. Las líneas de gas líquido cuentan con una válvula de exceso de flujo, una válvula manual de globo y se tiene un indicador de flujo tipo mirilla con función de no retroceso. La línea de gas vapor con una válvula de exceso de flujo, una válvula de globo recta, una válvula de actuación remota con actuador neumático.
- Letrero indicativo de carga en toma de recepción. Cuando un semirremolque se encuentra estacionado en posición de carga en la toma de recepción, y se encuentra conectado al sistema de trasiego de gas L.P., se coloca al frente del vehículo un letrero o banderola indicativo de la operación que se está realizando, que, al ser observado por el conductor del semirremolque, este evitará poner en marcha el vehículo previniendo un desprendimiento de mangueras.
- Calzas de seguridad. En la recepción del semirremolque se frenan las ruedas del vehículo, cuando éstos se encuentran realizando la operación de transvase, mediante el uso de las calzas de seguridad.
- Procedimientos por escrito. En el área de recepción se tienen letreros que contienen procedimientos de operación por escrito, estos están colocados en un lugar visible.
- Capacitación. El entrenamiento y la capacitación continua son factores de enseñanza que son contemplados dentro la operación de la planta con el fin de proporcionar los recursos técnicos necesarios para realizar dichas operaciones.
- Mantenimiento. La planta cuenta con un programa calendarizado de Mantenimiento preventivo a Equipo de emergencia, válvulas y accesorios, tanques de almacenamiento, sistemas eléctrico e instalaciones en general.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tiene instalado 1 extintor de polvo químico seco de 9 kg en la toma de recepción y junto al compresor.
- Agua a presión. Cobertura de esta área por el chorro de agua de los hidrantes.
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado (Brigadas).
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora, con apoyo visual de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia

TOMA DE RECEPCIÓN - SEMIREMOLQUE

- RADIACIÓN TÉRMICA POR UN DARDO DE FUEGO (JETFIRE), A CAUSA DEL DESFOGUE DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL SEMIRREMOLQUE

Los posibles daños causados por la radiación del dardo de fuego quedarían confinados dentro de la planta y mínima afectación a la vegetación en los alrededores de esta. En cuanto al daño

a personas en un radio menor a 38.99 m hay probabilidad de 100% de mortalidad en un minuto, en un radio de 38.99 m esperarían probables quemaduras de segundo grado y dolor después de una exposición de 20 segundos. A 71.72 m no se presentarían molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.

En cuanto a daño a equipos una radiación de 37.5 kW/m² es suficiente para causar daño a equipos de proceso y colapso de estructuras, mientras que una radiación de 12.5 kW/m² podría causar daños severos a equipos de instrumentación y encender madera después de una larga exposición.

MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Diseño y fabricación. Los semirremolques que entran a la planta se encuentran bajo NOM-007-SESH-2010 y código ASME.
- Revisiones de seguridad. Los semirremolques son sometidos a un examen radiográfico al 100%, para detectar algún posible defecto en las soldaduras. Asimismo, pasan una prueba hidrostática o inspección por líquidos penetrantes, o ultrasonido para detectar fugas que puedan presentarse en las juntas por soldadura, o defectos del material base.
- Válvulas y accesorios de control y seguridad. Con el fin de prevenir la ocurrencia de accidentes que pudieran ocasionarse por el manejo y trasvase de gas l.p. el semirremolque cuenta con: válvula de seguridad resorte interno de 3" de diámetro, válvula de cierre rápido, válvula de máximo llenado, chicote toma de fuerza, chicote acelerador, entre otros.
- Revisión y mantenimiento previo. Diariamente se revisa que no haya fugas en la salida de gas, observando tuberías, válvulas y accesorios de control y seguridad.
- Equipo obligatorio.
 - Seis metros de cable flexible No. 6 con pinzas de bronce para 50 amps, con el fin de conectarse a tierra.
 - Conexión metálica y conductora entre tractor y recipiente.
 - Cadena bota-chispas o tira de hule con alambre de cobre.
- Procedimientos. Los operadores deberán seguir los procedimientos de descarga, revisando el porcentaje en el rotogage para enterarse de la cantidad de gas l. p. contenido en el semirremolque, así como también se cerciorará de la presión del recipiente, con los dispositivos de medición instalados en el vehículo, es decir si los tanques de almacenamiento tienen mayor presión que la unidad de descarga, se abrirán las válvulas de cierre en la línea de vapor y se pondrá a funcionar el compresor hasta que las presiones se igualen para después poder abrir las válvulas en la línea de líquido, esto a fin de evitar un sobrellenado en la unidad por descargar.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tiene instalado 1 extintor de polvo químico seco de 9 kg en la toma de recepción y 1 junto al compresor.
- Agua a presión. Cobertura de esta área por el chorro de agua de los hidrantes.
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado (Brigadas).
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)

- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora, con apoyo visual de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
 - Paros de Emergencia
- BLEVE DEL SEMIRREMOLQUE, DEBIDO A UNA FALLA EN LA VÁLVULA DE DESCARGA, LO QUE PROVOCARÍA UNA FUGA CONTINUA DE GAS L. P.

Las ondas de sobrepresión únicamente afectaran la infraestructura de la propia empresa y terrenos sin actividad alrededor de la empresa. Una sobrepresión de 10.0 psi puede ocasionar desplazamiento y falla de equipo pesado, mientras que una onda de sobrepresión de 3 psi podría ocasionar un 50% de daño de equipo

En cuanto a afectaciones a equipos y materiales por radiación térmica se tendría lo siguiente: En un radio menor a 522.88 m a 37.5 kW/m² y 12.5 kW/m² puede causar colapsos estructurales, daños a equipos de proceso, se puede encender madera, puede haber ignición de tubos y recubrimientos plásticos de cables eléctricos. Dentro de estos radios únicamente afectara la infraestructura de la propia empresa.

MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Dispositivos y accesorios de seguridad. Las líneas de gas líquido cuentan con una válvula de exceso de flujo, una válvula manual de globo y se tiene un indicador de flujo tipo mirilla con función de no retroceso. La línea de gas vapor con una válvula de exceso de flujo, una válvula de globo recta, una válvula de actuación remota con actuador neumático.
- Letrero indicativo de carga en toma de recepción. Cuando un semirremolque se encuentra estacionado en posición de carga en la toma de recepción, y se encuentra conectado al sistema de trasiego de gas L.P., se coloca al frente del vehículo un letrero o banderola indicativo de la operación que se está realizando, que al ser observado por el conductor del semirremolque, este evitará poner en marcha el vehículo previniendo un desprendimiento de mangueras.
- Calzas de seguridad. En la recepción del semirremolque se frenan las ruedas del vehículo, cuando éstos se encuentran realizando la operación de transvase, mediante el uso de las calzas de seguridad.
- Procedimientos por escrito. En el área de recepción se tienen letreros que contienen procedimientos de operación por escrito, estos están colocados en un lugar visible.
- Capacitación. El entrenamiento y la capacitación continua son factores de enseñanza que son contemplados dentro la operación de la planta con el fin de proporcionar los recursos técnicos necesarios para realizar dichas operaciones.
- Mantenimiento. La planta cuenta con un programa calendarizado de Mantenimiento preventivo a Equipo de emergencia, válvulas y accesorios, tanques de almacenamiento, sistemas eléctrico e instalaciones en general.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tiene instalado 1 extintor de polvo químico seco de 9 kg en la toma de recepción y 1 junto al compresor.
- Agua a presión. Cobertura de esta área por el chorro de agua de los hidrantes.

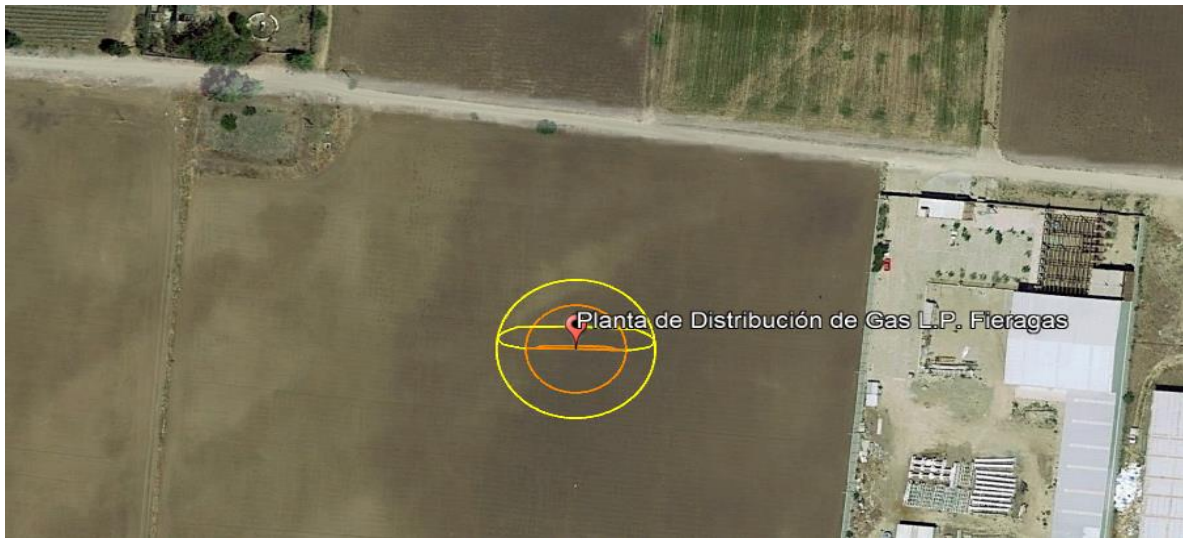
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado (Brigadas).
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora, con apoyo visual de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia



TOMA DE SUMINISTRO

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE) COMO EMISIÓN INSTANTÁNEA

Límite inferior de inflamabilidad (L.I.I) a los 7.54 m.



- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA

Onda de sobrepresión dando pauta a daños en la infraestructura de la planta y a la modificación de estructura de suelo y a su vegetación.

Zona de alto riesgo por daño a equipos: 7.02 psi – 30 m

Zona de alto riesgo por daño a equipos: 3.5 psi – 50 m

Zona de alto riesgo: 1.00 psi – 115.51 m

Zona de amortiguamiento: 0.5 psi – 196.34 m



SCRI FUEGO

Modelos de Simulación para el Análisis de Consecuencias por Fuego y Explosiones

GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN (PROYECCIÓN SOBRE MAPA)

TÍTULO DE LA MODELACIÓN	
Toma de Suministro de Gas L.P. Explosión 266.17 Kg	
SUSTANCIA	
GAS LP	
INSTALACIÓN	
Planta de Distribución de Gas L.P. Fieragas	
POSICIÓN DE LA FUENTE	
20° 53' 44.27 N , 101° 30' 15.00 O	
ZONAS DE AFECTACIÓN POR SOBREPRESIÓN	
3.45 kPa (0.50 psig) a 196.34 m	
6.89 kPa (1.00 psig) a 115.51 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	
0.00 kPa (0.00 psig) a 0.00 m	



MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Dispositivos y accesorios de seguridad. Las líneas de gas líquido cuentan con una válvula de exceso de flujo, una válvula manual de globo y se tiene un indicador de flujo tipo mirilla con función de no retroceso. La línea de gas vapor con una válvula de exceso de flujo, una válvula de globo recta, una válvula de actuación remota con actuador neumático.
 - Toma de suministro 1: La línea de gas líquido cuenta con válvula de exceso de flujo, válvula de globo recta, válvula de actuación remota con actuador neumático. La línea de vapor cuenta con válvula de exceso de flujo, válvula de globo recto, válvula de actuación remota con actuador neumático.
 - Toma de suministro 2: La línea de gas líquido cuenta con válvula de exceso de flujo, válvula de actuación remota con actuador neumático, válvula de globo recta, válvula de no retroceso. La línea de vapor cuenta con válvula de exceso de flujo, válvula de globo recto, válvula de no retroceso.
- Letrero indicativo de carga en tomas de suministro. Cuando un auto tanque se encuentra estacionado en posición de carga en las tomas de suministro, y se encuentra conectado al sistema de trasiego de gas l.p., se coloca al frente del vehículo un letrero o banderola indicativo de la operación que se está realizando, que al ser observado por el conductor del autotank, este evitará poner en marcha el vehículo previniendo un desprendimiento de mangueras.
- Calzas de seguridad. En la recepción del semirremolque se frenan las ruedas del vehículo, cuando éstos se encuentran realizando la operación de transvase, mediante el uso de las calzas de seguridad.
- 4. Procedimientos por escrito. En el área de recepción se tienen letreros que contienen procedimientos de operación por escrito, estos están colocados en un lugar visible.
- Capacitación. El entrenamiento y la capacitación continua son factores de enseñanza que son contemplados dentro la operación de la planta con el fin de proporcionar los recursos técnicos necesarios para realizar dichas operaciones.
- Mantenimiento. La planta cuenta con un programa calendarizado de Mantenimiento preventivo a Equipo de emergencia, válvulas y accesorios, tanques de almacenamiento, sistemas eléctrico e instalaciones en general.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

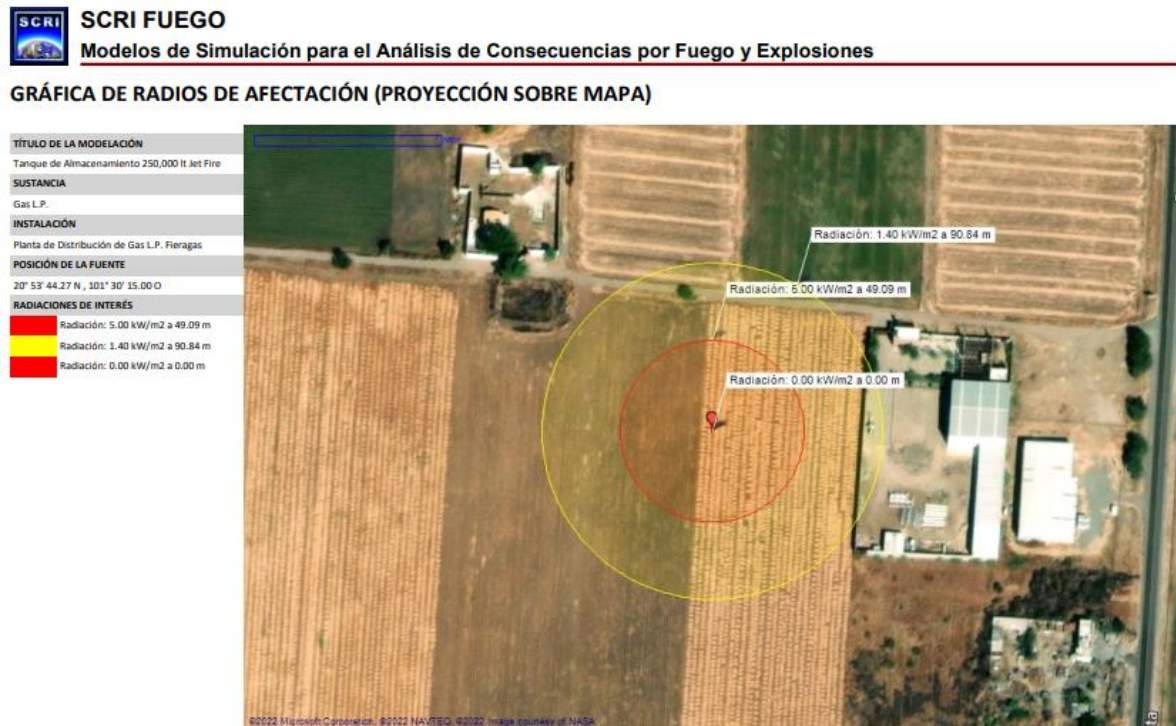
- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tiene instalado 1 extintor de polvo químico seco de 9 kg en la toma de recepción y 1 junto al compresor.
- Agua a presión. Cobertura de esta área por el chorro de agua de los hidrantes.
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado (Brigadas).
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora, con apoyo visual de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- RADIACIÓN TÉRMICA POR UN DARDO DE FUEGO (JETFIRE)

Los posibles daños causados por la radiación del dardo de fuego quedarían confinados dentro de la planta y mínima afectación a la vegetación en los alrededores de esta. En cuanto al daño a personas en un radio menor a 49.09 m hay probabilidad de 100% de mortalidad en un minuto, en un radio de 49.09 m esperarían probables quemaduras de segundo grado y dolor después de una exposición de 20 segundos. A 71.72 m no se presentarían molestias con exposición por tiempo indefinido a este nivel.

En cuanto a daño a equipos una radiación de 37.5 kW/m² es suficiente para causar daño a equipos de proceso y colapso de estructuras, mientras que una radiación de 12.5 kW/m² podría causar daños severos a equipos de instrumentación y encender madera después de una larga exposición.



- BLEVE DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE GLP CON CAPACIDAD DE 250,000 L VOLUMEN AGUA, POR SEGURIDAD ESTE SE ENCUENTRA AL 80% DE SU CAPACIDAD

Las ondas de sobrepresión únicamente afectaran la infraestructura de la propia empresa y terrenos sin actividad alrededor de la empresa. Una sobrepresión de 10.0 psi puede ocasionar desplazamiento y falla de equipo pesado, mientras que una onda de sobrepresión de 3 psi podría ocasionar un 50% de daño de equipo

En cuanto a afectaciones a equipos y materiales por radiación térmica se tendría lo siguiente: En un radio menor a 902.59 m a 37.5 kW/m² y 12.5 kW/m² puede causar colapsos estructurales, daños a equipos de proceso, se puede encender madera, puede haber ignición de tubos y recubrimientos plásticos de cables eléctricos.



MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Diseño y fabricación. Los tanques de almacenamiento que se encuentran en la planta se encuentran bajo NOM-009-SESH-2011 y código ASME sección VIII.
- Revisiones de seguridad. A los tanques de almacenamiento se les realiza un ultrasonido cada 5 años para detectar fugas que puedan presentarse en las juntas por soldadura, o defectos del material. Actualmente los dos tanques cuentan con los dictámenes de conformidad con la NOM-013- SEDG-2002, por lo que cumple con las especificaciones necesarias para operar.
- Sistemas de regulación y control del nivel de llenado. Cada tanque cuenta con un medidor rotatorio marca Rochester modelo Magnatel de 25.4 mm de diámetro, un termómetro marca Rochester de - 50°C a 50°C de 12.7 mm de diámetro, un manómetro marca Metron con intervalo mínimo de lectura de 0 a 21 kg/cm² , dos válvulas de máximo llenado marca Rego de 6.35 mm de diámetro al 85 y 90% del volumen.
- Aislamiento térmico de recipientes. Mediante la aplicación de los diferentes sistemas de aislamiento se podrá limitar la propagación de altas temperaturas por incendios. Tal es el caso de la aplicación a los tanques de almacenamiento de la pintura retardadora de fuego, la cual proporciona protección

- a la superficie durante un incendio creando una superficie de baja inflamabilidad, se auto extingue cuando la fuente de fuego es removida.
- Programas de mantenimiento preventivo. La planta cuenta con un Programa de Mantenimiento, el cual contempla revisiones periódicas del tanque y sus accesorios. Además de que cada 5 años los tanques son sometidos a Pruebas de Ultrasonido para determinar si es apto para seguir operando.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema contra incendio a base de agua por aspersión. El tanque cuenta con dos tubos de rociado paralelos al eje de este, ubicados simétricamente y en el mismo plano por arriba del recipiente. Las tuberías tienen un diámetro de 51 mm de diámetro. El rociado de los tanques consta de 12 boquillas aspersoras uniformemente repartidas y alineadas a lo largo de la tubería, en la parte superior de cada uno de los tanques. Las boquillas de rociado son de la Marca Spraying System, con un gasto de 61.31 LPM y una presión de 3.0 kg/cm².
- Extintor de carretilla. En la zona de almacenamiento se cuenta con dos extintores de carretilla, con capacidad de 50 kg de polvo químico seco clase ABC.
- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tienen instalados seis extintores de polvo químico seco del tipo manual de 9 kg de capacidad dentro en la zona de almacenamiento.
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado.
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero).
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia

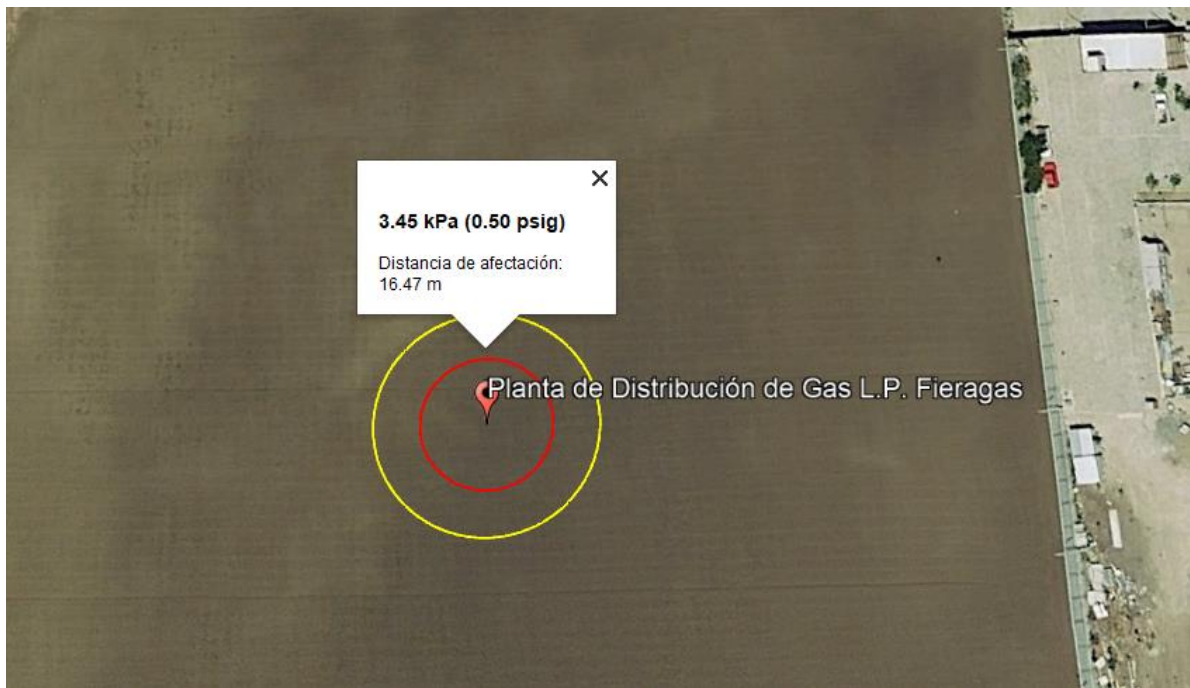
ÁREA DE LLENADO RECIPIENTES TRANSPORTABLES

- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE) – MASA LUBERADA POR LA PUNTA POL 0.157 kg de GLP
La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida al desconexión o desprendimiento de la punta pol del llenado de recipientes portátiles alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 0.22 m.
- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA) – MASA LUBERADA POR LA PUNTA POL 0.157 kg de GLP

Onda de sobrepresión que no causaría daños a las instalaciones y personas que estén de pie o caminando

Zona de alto riesgo: 1.00 psi – 16.47 m

Zona de amortiguamiento: 0.5 psi – 9.69 m



- DISPERSIÓN DE UNA NUBE INFLAMABLE. (FLASH FIRE) – MASA LUBERADA POR RECIPIENTE TRANSPORTABLE DE 30 kg de GLP

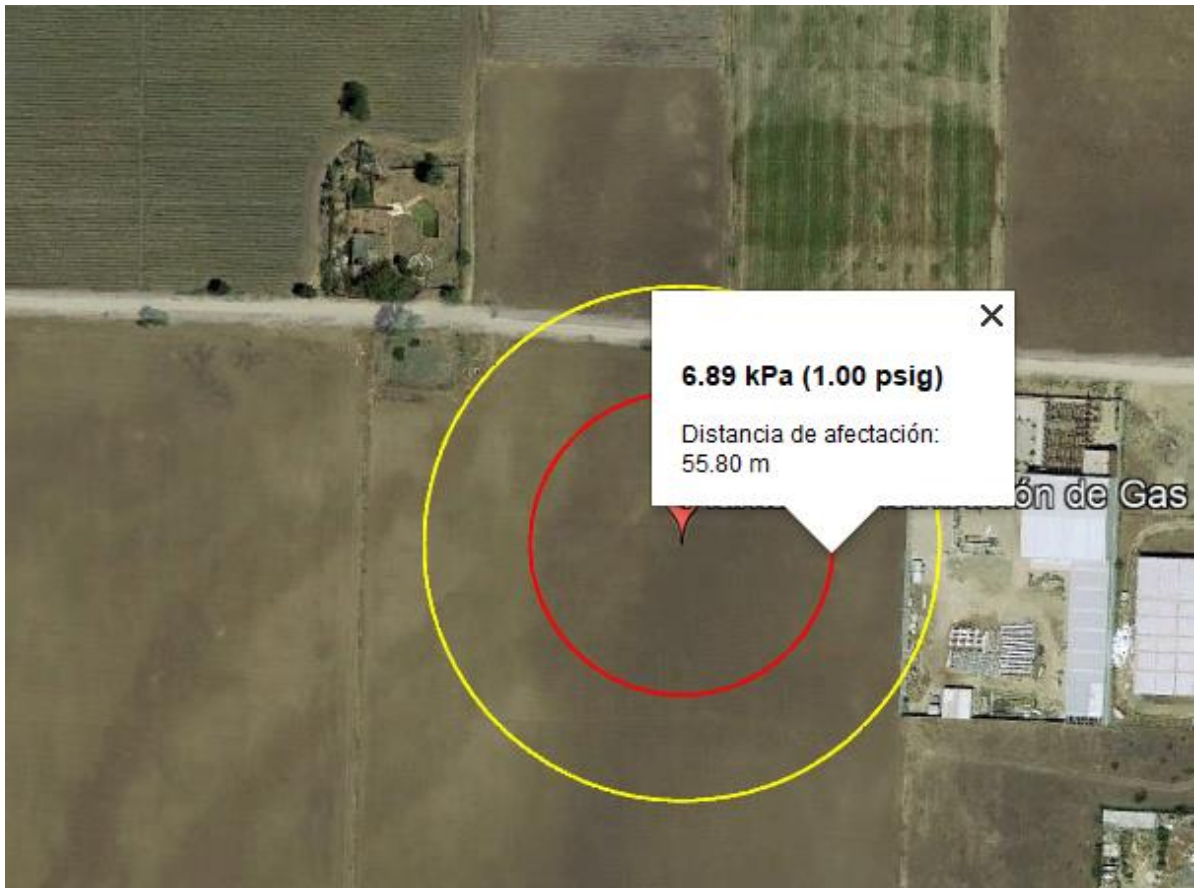
La nube de gas formada por la fuga de gas L.P. debida a falla mecánica de las paredes del recipiente portátiles alcanzará su límite inferior de inflamabilidad L.I.I a los 2.33 m.

- EXPLOSIÓN DE UNA NUBE DE VAPOR NO CONFINADA) – MASA LUBERADA POR RECIPIENTE TRANSPORTABLE DE 30 kg de GLP

Onda de sobrepresión que no causaría daños a las instalaciones y personas que estén de pie o caminando

Zona de alto riesgo: 1.00 psi – 55.80 m

Zona de amortiguamiento: 0.5 psi – 94.84 m



MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Sistema general de "tierra". Entre otros el múltiple de llenado y las básculas (de llenado y repeso) se encontrarán conectados al sistema de tierra, el cual protege a estos equipos contra descargas eléctricas en el momento de ocurrir una descarga a tierra por falla de aislamiento.
- Equipos a prueba de explosión. Las luminarias y botoneras son del tipo APDE propias para operar en atmósferas que contengan gases inflamables o explosivos (CLASE I, GRUPO D)
- Dispositivos de seguridad. El múltiple de llenado cuenta con una válvula de seguridad para alivio de presión hidrostática de 13 mm. (1/2") de diámetro y flujo de 22 m³ /min.
- Procedimientos por escrito. En el andén de llenado de cilindros portátiles se tiene un letrero que contengan los procedimientos de operación del llenado de cilindros.
- Mantenimiento. La planta cuenta con un Programa de Mantenimiento, que entre otros aspectos incluye un programa calendarizado de mantenimiento a Equipo de emergencia, válvulas y accesorios, tanques de almacenamiento, sistemas eléctrico, etc.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tienen instalados dos extintores PQS del tipo ABC de 9 kg en el muelle de llenado.

- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado.
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia

Si al estar llenando un tanque portátil, debido al desgaste del material de este en la soldadura del fondo y la presión que se ejerciera por el llenado.

Daños a la infraestructura de la propia planta, áreas de circulación, así como el ruido causado por motivos de la explosión.

MEDIDAS PARA MINIMIZAR LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL EVENTO

- Valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes transportables de acuerdo a la NOM-008-SESH/SCFI-2010. El personal de llenado selecciona los recipientes transportables a fin de detectar anomalías o desperfectos en los mismos; aquellos que presenten daños en la base, espiga, capuchón o indicios de corrosión se separan y son enviados al taller de mantenimiento para su reparación. En caso de encontrarse en condiciones inadecuadas se envían al fondo de reposición de cilindros.
- Mantenimiento. Los recipientes transportables que presenten daños en la base, espiga, capuchón o indicios de corrosión se separan y se les brinda mantenimiento.
- Dispositivo de seguridad. Cada recipiente transportable cuenta con una válvula de seguridad que abre a 375 psi y su capacidad de desfogue es de 10 m³ / min., conexión a cilindro 3/4" mnpt. y conexión de salida para servicio .885"-14 NGO L.H.
- Manejo adecuado de los recipientes transportables. Se tiene cuidado en el manejo de dichos recipientes para que de existir algún problema no se suscite el efecto dominó. Se evitará rodarlos sobre el piso y azotarlos.

MEDIDAS PARA REDUCIR LA RELEVANCIA DEL EFECTO - ACCIONES TÉCNICAS CORRECTIVA

- Sistema de seguridad por medio de extintores. Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se tienen instalados dos extintores PQS del tipo ABC de 9 kg en el muelle de llenado.
- Respuestas de control. Respuesta inmediata de los operadores ante un evento inesperado.
- Equipo de protección personal. Para dar respuesta inmediata a un evento inesperado el personal cuenta con equipo de protección personal (Equipo de Bombero)
- Operaciones de emergencia. Ante una eventualidad (incendio y/o explosión) la planta cuenta con un sistema de alarma sonora de confirmación. Además de actuar conforme a los procedimientos de emergencia.
- Paros de Emergencia

SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y PREVENTIVAS EN MATERIA AMBIENTAL RECOMENDACIONES TÉCNICO – OPERATIVAS

• RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS

- Inspección y supervisión por parte del personal de la planta durante las operaciones de trasiego, con la finalidad de verificar que los operadores de las unidades (semirremolques y autotanques) acaten los procedimientos operativos establecidos.
- El operador de la unidad (semirremolques y autotanques) antes de llevar a cabo la operación de trasiego de GLP en apego a los procedimientos operativos y de seguridad establecidos, deberá:
 - Verifica las condiciones físicas (volumen/presión/temperatura).
 - Apagar el motor.
 - Colocar la tierra para descargar la energía estática acumulada.
 - Colocar calzas a las ruedas del vehículo.
- Deberá llevar un control de la medición de las variables (volumen/presión/temperatura) en el recipiente del vehículo, mediante el llenado de una "Hoja de Control".
- Mantener vigente el Dictamen de conformidad con la NOM-007-SESH-2010, Vehículos para el transporte y distribución de Gas L.P. – Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento.
- Colocar en las mangueras de la toma de recepción y las tomas de suministro, separadores mecánicos (válvula "pull-away"), lo que permitirá asegurar el cierre automático de fuga de GLP., en caso de ruptura de manguera, ocasionado por arranque inesperado del vehículo.
- Establecer un sistema de identificación de válvulas, instrumentos y equipos con la finalidad de evitar confusión en la aplicación de procedimientos.
- Colocar letrero de procedimiento de operación de la válvula de cuatro vías del compresor.
- Las válvulas de relevo hidrostático deben mantenerse protegidas de la intemperie mediante un capuchón.
- Elaborar e implementar un Programa Calendarizado de Limpieza e Inspección de todas las áreas que integran la instalación, haciendo énfasis especial a las zonas clasificadas como peligrosas o de mayor riesgo, que son aquellas en donde se llevan a cabo operaciones de transferencia de GLP, como lo son:
 - Muelle de llenado de recipientes transportables.
 - Toma de recepción de semirremolques.
 - Toma de suministro a autotanques.

A fin de evitar la acumulación de basura y mantener el área libre de materiales combustibles.

- Llevar un registro del tiempo de vida útil de las válvulas de relevo de presión, exceso de flujo, no retroceso, a fin de que estas no tengan una antigüedad mayor de once años a partir de su fecha de fabricación o de diez años a partir de su fecha de instalación.
- Mantener los originales del Programa Anual de Mantenimiento (año en curso) de los sistemas de trasiego, sistema contra incendio y eléctrico e instalaciones en general. Este deberá estar firmado por el responsable de la instalación.
- Mantener el original de la bitácora de trabajos de mantenimiento, la cual deberá ser firmada y avalada como mínimo cada año meses por la Unidad de Verificación en materia de GLP. Y firmada cada 8 días naturales por el responsable general y de mantenimiento de la planta.
- Mantener evidencia de los trabajos de mantenimiento realizado.
- Revisión del diseño y operación de la instalación. Es conveniente considerar inspecciones y/o revisiones con el fin de verificar que las condiciones actuales de la Planta de Distribución son las óptimas o si es necesario hacer ajustes en el diseño u operación de esta.

- Mantener los originales del Programa Anual de Capacitación (año en curso) y de las constancias de capacitación del personal dedicado a las operaciones de trasiego de GLP, con una fecha de emisión máxima de dos años anteriores, contados a partir de la fecha en que se realiza la evaluación de la conformidad con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SESH-2014, Planta de Distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación, tal como se valida en el numeral 5.1.2 inciso j) de la citada Norma.
- Es de vital importancia incluir en el Programa de Anual Simulacros los escenarios identificados del presente estudio. Es importante mencionar que, en este caso, para el desarrollo de los Simulacros se deberá de tener en consideración el Capítulo 10. Simulacros de emergencias de incendio, de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y contra incendios en los centros de trabajo.
- Deberá realizar la medición ultrasónica de espesores al recipiente cada cinco años de conformidad con lo señalado en la NOM-013-SEDG-2002.
- En caso de tener un recipiente transportable sobrellenado, este no deberá enviarse a los camiones repartidores, ni arrojarlo a la atmósfera. Lo conveniente será transferirlo a otro cilindro vacío. Es decir: Invertir el cilindro sobrellenado, colocándolo de manera que quede más alto que el otro recipiente al cual se va a transferir. Por gravedad o diferencia de altura, el gas pasará de un cilindro a otro.
- Los recipientes transportables propiedad de la planta deben cumplir en su totalidad con lo establecido en los puntos 4, 5, 6 y 7 de la NOM-011/1-SEDG1999, en relación con la valoración de las condiciones de seguridad de los recipientes portátiles, instrumentos de medición, marcado y pintura.
Los recipientes transportables para Gas L.P., fabricados bajo la NOM-011/1- SEDG-1999, tendrán una vida útil máxima de 12 años a partir de su fecha de fabricación, al término de la cual deben ser retirados del servicio e inutilizados.
- Se deberá verificar los valores de la conductividad de las tierras físicas, de acuerdo a lo establecido en el numeral 5.3, 5.4 y 5.6 del Capítulo 5. Obligaciones del patrón, de la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015. Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. Dicha revisión se ha de efectuar de manera anual al menos o cuando en el inmueble se realicen modificaciones que afecten las condiciones de operación de la Red de Puesta a Tierra.
- Realizar un plan de atención a emergencias que contemple las acciones a realizar en caso de un fallo en el suministro de electricidad, durante las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro de la planta.
- Realizar procedimientos de mantenimiento seguro a las instalaciones eléctricas conforme a lo establecido en la NOM-029-STPS-2011. Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad.
- Elaborar e implementar un Programa anual de revisión mensual de los extintores y vigilar que estos cumplan con las condiciones establecidas en el numeral 7.2 incisos a) al m), de acuerdo con el Capítulo 7. Condiciones de prevención y protección contra incendios de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010. Condiciones de seguridad-Prevención y contra incendios en los centros de trabajo, el cual asegure la ubicación de dichos elementos de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SESH-2014, Planta de Distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones de seguras en su operación, tal como señala la tabla contenida en el numeral 4.2.4.3.1.2 y 4.2.4.3.2.1.
- Contemplar la instalación de una bomba jockey con la finalidad de mantener la presión del sistema.
- Deberá mantener una presión mínima de 7 kg/cm² en toda la red hidráulica. Esta condición deberá conservarse cuando el sistema esté funcionando, es decir, cuando estén abiertas un determinado número de mangueras o rociadores, según las especificaciones del fabricante o instalador. Asimismo, deberá mantener la capacidad de la cisterna a su nivel máximo.
- Mantener vigente su seguro de riesgo ambiental de conformidad con lo señalado en el Artículo 147 BIS de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

A continuación, se describirá cada uno de los elementos que existen físicamente considerados para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

Cada tanque cuenta con los siguientes accesorios:

- Un medidor magnético para nivel líquido marca Magnatel.
- Un termómetro marca Rochester con graduación de -60 a 40° C de 12.7 mm de diámetro.
- Un manómetro marca EVA con graduación de $0-21$ kg/cm² de 6.4 mm de diámetro.
- Dos válvulas de máximo llenado marca Regó, modelo 3165 de 6.4mm de diámetro, localizadas una al 90% y la otra al 86.25% del nivel del tanque.
- Cuatro válvulas de exceso de flujo para gas líquido marca rego modelo A7639V6 de 76 mm (3") de diámetro con capacidad de 946 LPM (250 GPM) cada una
- Dos válvulas de exceso de flujo para gas líquido marca rego modelo A3292-B de 51 mm (2") de diámetro con capacidad de 378 LPM (100 GPM) cada una
- Cuatro válvulas de exceso de flujo para gas vapor marca rego modelo A3292-B de 51 mm (2") de diámetro con capacidad de 927 m³/hr (32700 ft³/hr) cada una
- Dos válvulas multiport bridadas marca cms, modelo 5850-A de 101mm (4") de diámetro con cuatro válvulas de seguridad Marca Regó modelo A3149G de 64 mm (2¹/₂") de diámetro, con capacidad de 294 m³/min. Cada una. Estas válvulas con puntos de ruptura
- Una conexión soldada al tanque para cable a "tierra".

Las válvulas de seguridad que se tienen instaladas en la parte superior del tanque cuenta con tubos de descarga de acero cédula 40 de 76 mm (3") de diámetro y 2.00 metros de altura. Y puntos de ruptura

CONTROLES MANUALES, AUTOMÁTICOS Y DE MEDICIÓN.

a) Controles manuales. En diversos puntos de la instalación se tienen válvulas de globo y de bola de operación manual, para una presión de trabajo 28 kg/cm² , las cuales se mantienen abiertas o cerradas de acuerdo al sentido del flujo que se requiera

b) Controles automáticos. A la descarga de cada bomba se cuenta con un control automático de 38 mm (1¹/₂"), para retorno de gas líquido excedente al tanque de almacenamiento, este control consiste en una válvula automática (by – pass), la que actúa por presión diferencial y esta calibrada para una presión de apertura de 5 kg/cm² (71 Lb/in²) (bombas I y II); solamente la bombas III está calibrada para una presión de apertura de 3 kg/cm² (43 Lb/in²)..

c) Controles de Medición: En la toma de Suministro, se tienen instalados medidor volumétrico de Gas L.P. para el control interno en el llenado de auto-tanques.

Tipo: 4D

Diámetro de entrada y salida: 51 mm

Capacidad: 113 LPM máx. .45 LPM (20 GPM) mín.

Presión de trabajo: 24.6 kg/cm²

d) Extintores.

Extintores Manuales clase ABC

Como medida de seguridad y como prevención contra incendio se instalaron extintores de polvo químico seco del tipo manual, clase ABC de 9 kg. de capacidad cada uno, en los lugares siguientes

1. Uno en cuarto de maquinas
2. Tres en muelle de llenado
3. Uno junto a tablero eléctrico (bióxido de carbono)
4. Tres en oficinas
5. Tres en estacionamiento para vehículos de reparto
6. Uno en servicio sanitario
7. Dos en isleta de descarga de remolques-tanque
8. Dos en isleta de carga de autos-tanque
9. Cuatro en zona de almacenamiento
10. Dos en taller mecánico
11. Uno en bodega

Extintor de Carretilla Clase ABC

Se cuenta con un extintor de carretilla, con capacidad de 60 kg. Cada uno de polvo químico seco, clase ABC los cuales se localizan dos por el lindero Este de la planta.

ACCESORIOS DE PROTECCIÓN

A la entrada de la planta se tiene instalado un anaquel con suficientes artefactos matachispas, los que son adaptados a cada uno de los vehículos que tienen acceso a la misma, se cuenta además con trajes de nomex para el personal encargado del manejo de los principales medios contra incendio, se cuenta también con un sistema de alarma genera a base de una sirena eléctrica, siendo operada está solo en caso de emergencia.

SISTEMA DE SEGURIDAD

Sistema de alarma: La planta de distribución cuenta con un sistema de aviso de emergencia mediante alarma sonora que puede ser activada manualmente para alertar al personal de la

misma en caso de emergencia. Sistema de paro de emergencia: Los actuadores son accionados a control remoto y son del tipo neumático. No se utiliza Gas L.P., como fluido para operar el actuador neumático. En el sentido del flujo están colocadas las válvulas de cierre de operación manual, la de emergencia y la de exceso de flujo. La ubicación del botón que acciona la válvula de paro de emergencia está señalizada.

MANEJO DE AGUA A PRESIÓN

Para el manejo de agua a presión de cuenta con un sistema compuesto por los siguientes elementos:

- Cisterna de seguridad con capacidad de 220.80 m³ de agua con medidas en la Planta de 12 X 8 metros y 2.30 metros de profundidad. este recinto es subterráneo, construido con concreto armado y cuenta con acceso de personas de 0.70 X 0.70 metros, cárcamo de succión con medidas de 3 x 1.2 m y profundidad de 1 m, su llenado se hace por medio de pipas.
- Cuarto de máquinas que se construirá en una esquina de la cisterna con dimensiones en planta de 4.5 x 3 metros y altura de 2.5 m, contará con un acceso para maquinaria y/o personal.

Este cuarto estará equipado con los siguientes elementos:

- Bomba de motor de combustión a diésel de 50 HP y gasto de 3600 LPM a 6 kg/cm²
- Bomba con motor eléctrico de 50HP y gasto de 3600 LPM a 6kg/cm²
- Control automático de operación de la bomba eléctrica equipado con arrancadores a tensión reducida
- Control automático para la bomba de combustión que dará hasta 6 intentos de arranque
- Tanque de combustible de 100 lts con tubo de nivel
- Red distribuidora, construida con tubo de 152 mm de diámetro de PVC, clase 11.2 kg / cm² y accesorios y conexiones de fierro clase 8.5 kg/cm². Esta tubería se instalará subterránea a una profundidad de 1.00 metro; la red que alimenta al sistema de enfriamiento inicia su recorrido saliendo del cuarto de máquinas con tuberías de 152 mm. (6") de diámetro.

Este sistema alimenta a los siguientes componentes:

- Tres estaciones de manguera, ubicadas dos por el lindero norte por el lado este y oeste zona de almacenamiento, por este mismo lado se cuenta con una salida que alimentara a los rociadores del tanque de almacenamiento con tuberías de 101 mm (4") de

diámetro, alimentara a dos ramales cada una, cada ramal alimentara a doce aspersores, dichos ramales son de 51 mm (2") de diámetro

La tubería es de acero al carbón cedula 40 en su recorrido visible

- Tubería y elementos de rociado para el tanque:

El tanque contara con dos tubos de rociado paralelos el eje de estos, ubicados simétricamente por arriba.

Estas tuberías serán de 51 mm (2") de diámetro. Los tubos se instalarán a lo largo del tanque, con el propósito de estandarizar la presión dinámica en toda la longitud.

Las tuberías serán soportadas mecánicamente y en su parte central por la propia tubería alimentadora y hacia los lados por soportes apoyados sobre el tanque a una distancia de 5 m entre ellos, formando 2 conjuntos de tres soportes cada uno, hacia cada lado de la tubería central. Estos serán contruidos de solera de fierro 4" x 5/16" en forma de una semicircunferencia, el anillo de solera formado tendrá por su cara interior un separador de asbesto de 1/16" de espesor y llevara por su cara exterior 2 tramos de canal de acero de 3" con longitud de 85 cm soldados radicalmente a 90 grados y serán reforzados cada uno con 2 cartabones triangulares de placas de acero soldados sobre canal y solera y en el extremo libre se colocara una abrazadera U de 3" que soportara a los tubos de distribución de rociado.

El rociado se hará por medio de boquillas aspersoras uniformemente repartidas y alineadas a lo largo de la tubería, colocando 12 boquillas en cada ramal. Las boquillas de rociado serán de la marca Spraying System tipo recto de cono llenado, con diámetro de entrada de 3/4" y pasaje libre máximo de 13/64" y un gasto individual de 61.31 LPM y a una presión de 3 kg/cm².

- MEDIDAS PREVENTIVAS

Como ya se ha mencionado anteriormente la operación de la planta de distribución de GLP es relativamente simple, ya que en ella no se tiene ningún proceso de transformación de materiales, ni se lleva a cabo ninguna reacción química. El GLP sólo pasa de un recipiente a otro, es decir, recepción de gas, almacenamiento y trasiego a autotankes y recipientes transportables para el suministro a los usuarios.

Acorde a lo anterior se enlistan a continuación las medidas preventivas que se aplican durante la operación normal de la planta. Dichas medidas tendrán como objetivo evitar el deterioro del medio ambiente.

MEDIDAS PREVENTIVAS ANTICONTAMINANTES.

- CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.

Los residuos líquidos que se generan por el uso de los servicios sanitarios, actividades de limpieza a las instalaciones en general, así como a los vehículos son depositados en la fosa séptica construida en el lindero Noroeste de la planta de distribución de gas l.p. la cual recibe constante mantenimiento

- MEJORA DEL CONTROL DE EMISIONES.

Durante la operación normal de la Planta de Distribución de Gas L.P., no existirán fuentes de emisión continua de contaminantes a la atmósfera, sólo se tendrán pequeñas liberaciones de GLP al desconectar las mangueras del área del muelle de llenado, recepción y suministro, estas emisiones furtivas serán mínimas, ya que se contarán con sistemas de seguridad (válvulas de corte) altamente eficientes, y además, al encontrarse en área abierta existirá suficiente ventilación asegurando que la dispersión sea inmediata, por lo que esto no tiene un impacto ambiental significativo ni constituyen un riesgo para el ambiente, las instalaciones o la salud de la población.

- GESTIÓN DE RESIDUOS.

Residuos Sólidos Urbanos: Los residuos sólidos urbanos son generados por el personal de la empresa y son dispuestos en tambos de metal o plástico con capacidad de 200 litros, los cuales se pretende se encuentren señalados con el tipo de residuo y separados por códigos de color; sin embargo, durante la visita se observó que algunos tambos no cuentan con el rotulado correspondiente, por lo cual el promovente deberá implementar las medidas necesarias. Para evitar su acumulación los RSU son retirados de la Planta aproximadamente cada mes por parte del área de limpia pública del municipio, o en su caso si se sobre pasa la generación en menos del mes se hace la solicitud para que sean recogidos en periodos más cortos.

Residuos de Manejo Especial: Los neumáticos usados son considerados como residuos de manejo especial, una vez que termina su vida útil, se lleva a cabo el cambio a los auto-tanques o a los vehículos empleados para la distribución por medio de cilindros transportables, estos neumáticos son conservados temporalmente en la Planta para posteriormente ser manejados y puestos a disposición de empresas autorizadas o en su caso los vehículos son llevados a establecimientos donde se encargan de realizar el cambio de neumáticos y de la disposición final de los mismos.

Residuos Peligrosos: No se tiene la cantidad exacta ni la periodicidad en la que se generan los residuos dado que estos se derivan principalmente por el mantenimiento a los autotanques, obteniendo aceites usados principalmente o estopas impregnadas de aceite, no obstante, los residuos son almacenados de manera temporal en un sitio destinado para ello. Para el transporte y destino final de los residuos, el promovente contratará a una empresa externa que esté autorizada por las autoridades correspondientes.

RESUMEN

SEÑALAR LAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

La planta de distribución de GLP denominada FIERA GAS, S.A. de C.V. con pretendida ubicación en Carretera Romita - Puerto Interior km 1.9, interior 7, predio rustico La Aldeita, municipio de Romita, estado de Guanajuato contará una capacidad de almacenamiento total de 250,000 litros agua al 100% distribuida en 1 (un) tanque, el equivalente a 135000 kilogramos de GAS LP.

Conforme se estipula en el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 04 de mayo de 1992, la cantidad de reporte para el Gas L.P. es a partir de 50,000 kg. Por lo tanto, la cantidad almacenada excede la cantidad de reporte.

Consciente de lo anterior, se pretende obtener la autorización en Materia de Impacto Ambiental y Riesgo, por lo que la empresa FIERA GAS, S.A. de C.V. presenta el Impacto Ambiental y Estudio de Riesgo Modalidad Análisis de Riesgo con la firme intención de dar cumplimiento a los lineamientos de la normatividad vigente y que resultan aplicables. Dicho proyecto se ubica dentro del sector hidrocarburos, tal como señala la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, que de acuerdo con el Título Primero: Disposiciones Generales, Capítulo Único, Naturaleza y Objeto; conforme a su Artículo 3º, fracción XI, inciso d: Se entiende por sector hidrocarburos o Sector las actividades de transporte, almacenamiento, distribución y expendio al público de gas licuado de petróleo, como lo será en el caso del proyecto que se promueve.

A través del presente ERA, se han determinado los tipos de contingencia que se podrían suscitar dentro de la instalación, las cuales son:

- Fugas, que son las emanaciones o derrames no controlados de GLP, ya sea que éste se encuentre en fase líquida o de vapor, siendo el efecto más nocivo de dicha emanación un incendio.
- Incendios, estos se consideran como fugas no controladas y que resultan de la combustión gradual del GLP. Explosiones, básicamente es una reacción de combustión de la mezcla gaseosa aire – GLP que se propaga a gran velocidad.

Lo anterior se confirma con base en las propiedades físicas y químicas del GLP, puesto que para el mismo su estado bajo presión y temperatura ambiente es líquido, sin embargo al ocurrir una fuga y debido a la perdida de presión, éste se vaporiza rápidamente, siendo entonces que se forma una nube de vapor, la cual en condiciones ideales de homogeneidad, con aire a un porcentaje menor a 1.8 y con más de 9.3 no explotarían, incluso en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, podría suceder que se acerquen a la zona explosiva donde se desencadenaría la explosión, otro de las contingencias que podrían suscitarse y que se han contemplado dentro del ERA, así como la probabilidad de iniciarse un incendio por la fuga no controlada de GLP en forma líquida o incluso en vapores.

Otro punto a destacar es el almacenamiento que se lleva a cabo en la instalación, el cual es temporal, puesto que la actividad principal de la empresa es la comercialización del GLP; pero en el caso de los recipientes de almacenamiento un riesgo es el efecto que tendría el fuego sobre éstos, incrementando la presión en el interior de manera extraordinaria, lo que a su vez resultaría en un estallido, por lo que la

consecuencia de mayor dimensionamiento sería la BLEVE (Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion), es decir, explosión por expansión del vapor de un líquido en ebullición.

Derivado de los resultados de la metodología y su aplicación, se concluye que los escenarios con mayor probabilidad de suscitarse – esto debido a la frecuencia con la que se realizan algunas acciones – se presentan en las zonas de trasiego de GLP. (recepción, suministro y llenado de recipientes transportables), en donde se podrían presentar escapes accidentales de determinada masa de GLP emitidas a la atmósfera, la mayoría de estas emisiones son instantáneas de corta duración, únicamente en el área de suministro se presenta una emisión de chorro horizontal y que conllevan a la formación de una nube inflamable, la cual, tras mezclarse con el aire y encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad a cierta distancia del origen de la fuga origina una ignición retardada que provocara una llamarada o flash fire y eventualmente una explosión de una de vapor no confinada con efectos mecánicos (sobrepresión). Los radios de afectación resultantes de las ondas de sobrepresión causadas por la explosión de NVNC de los eventos 1, 2, 4, 5, 7 y 8, no rebasan los 200 metros, en donde se tienen terrenos con actividades de agricultura.

Además de la emisión de chorro horizontal, se prevé que debido a la continuidad en el funcionamiento de la bomba durante un tiempo de medio minuto cuando se está suministrando GLP a auto tanques y ante una ignición en el punto de fuga se daría origen a la formación de un dardo de fuego (jet fire), el cual emite radiación térmica de forma radial con una duración equivalente a la obturación de la fuga. Sin embargo, es importante mencionar que, en este caso, mientras la dispersión e incendio de la nube inflamable (flash fire) quedan inmersos dentro del predio, el radio de afectación por la radiación térmica generada durante el dardo de fuego (jet fire) queda dentro del terreno de la empresa, sin embargo las ondas de sobrepresión por explosión de una nube de vapor no confinada, si sobresalen de los límites del predio.

Del análisis se presentan otros eventos donde no se involucran propiamente las operaciones de trasiego de GLP, estos eventos se presentan en recipientes de almacenamiento y transporte de GLP (tanques de almacenamiento y semirremolque, respectivamente) del análisis se presentan las posibles consecuencias que se derivan del desfogue de una de las válvulas de seguridad de dichos recipientes, éstas son las ondas de sobrepresión en caso de una ignición retardada y la radiación térmica en caso de formación de un dardo de fuego por la ignición inmediata de la fuga.

En caso de ocurrir la explosión de una nube de vapor no confinada por el desfogue de una de las válvulas de desfogue ya sea, el tanque de almacenamiento o del semirremolque, las ondas de sobrepresión afectarían únicamente instalaciones de la planta de distribución de gas LP. Los efectos por la radiación térmica generada por el dardo de fuego quedarían inmersos en terreno propiedad de la misma empresa.

Se conoce que entre los efectos de una explosión de tipo BLEVE están las ondas de sobrepresión, la radiación térmica y los proyectiles provenientes de la fragmentación del recipiente. Dichos efectos de daño directo son causas de propagación favoreciendo la aparición de otras eventualidades denominadas secundarias o efecto dominó, que pueden aparecer de manera serial o paralela, teniendo como consecuencia algún daño en una unidad de proceso o recipiente de alguna sustancia química peligrosa.

De acuerdo con lo anterior, los eventos que se consideran que tienen potencial para generar la escalación a un evento de mayores proporciones son la BLEVE de un semirremolque y la BLEVE del recipiente de almacenamiento temporal de Gas L.P. de mayor capacidad, en caso de que alguno de estos eventos ocurra

se considera que, debido a la cercanía de los otros recipientes, se generaría un efecto dominó lo cual implica las explosiones del tipo BLEVE del tanque de almacenamiento de Gas L.P. restante.

Es de suma importancia resaltar que en caso de ocurrencia de la BLEVE del tanque de capacidad 250,000 litros, el daño más crítico y representativo por radiación térmica sobre las personas se tendría dentro de un radio de 902.59 m, en donde se encuentran las propias instalaciones de la planta.

Las ondas de sobrepresión se mueven radialmente desde el punto de la explosión. La interacción de dichas onda con otros elementos (equipos de proceso y/o recipientes) depende del diseño del equipo (resistencia) y la distancia del punto de origen la explosión. Cabe destacar que al ocurrir una explosión, el efecto de la onda de sobrepresión va disminuyendo conforme aumenta la distancia, por lo que el impacto que un equipo o estructura puede recibir, dependerá de la distancia a la cual se encuentre del origen de la explosión y el apantallamiento (bardas, árboles, edificios, etc.) que a su paso se encuentren. Esto se debe a que la energía contenida en la onda por la cual se transporta la sobrepresión se transfiere como pérdidas de calor hacia el exterior, por lo cual se puede afirmar que la magnitud de la onda de sobrepresión y la distancia guardan una relación inversamente proporcional.

Las instalaciones de la propia empresa y terrenos utilizados para la agricultura serían las únicas afectadas por las ondas de sobrepresión por expansión de líquido contenido en el tanque de almacenamiento con capacidad de 250,000 litros.

Cabe destacar que la ubicación del proyecto no se contrapone a los usos de suelo permitidos, de acuerdo con el Proyecto es vinculante con la UGA 381 denominada Programa Estatal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial – 2040 de Guanajuato, se tiene una política ambiental de Restauración y Aprovechamiento sustentable, lo cual es compatible y permite el uso para planta de distribución de gas L.P. En relación con el requerimiento que exige la NOM-001-SESH-2014 en su numeral 4.2.1.26 referente a la distancia mínima externa equivalente a 100 m de la tangente del recipiente de almacenamiento respecto a casas habitación, escuelas, hospitales, centros de reunión, la planta cumple en su totalidad con esta exigencia.