

## Contenido

<b>9.</b>	<b>ESTUDIO DE RIESGOS.....</b>	<b>200</b>
9.1.	Antecedentes de Accidentes e Incidentes .....	200
9.2.	Metodología de identificación y jerarquización .....	203
9.3.	Memoria de detalle de la identificación y jerarquización de riesgos.....	207
9.4.	Análisis What If?.....	211
9.5.	Causa de los posibles riesgos.....	217
9.6.	Riesgo por manejo de gas natural .....	221
9.6.1.	Riesgo por errores humanos y de organización. ....	222
9.7.	Matriz de riesgos según Hazop. ....	224
9.8.	Radios de afectación .....	232
9.8.1.	Escenario de Fuga de Nube Toxica en la conexión con el Titán.....	234
9.8.2.	Escenario de Nube Flamable en la conexión con el Titan.....	236
9.8.3.	Escenario de Sobrepresión en la conexión con el Titán .....	240
9.8.4.	Escenario de Jet Fire en la conexión con el Titan .....	243
9.8.5.	Escenario de Nube Toxica en la tubería de conducción .....	247
9.8.6.	Escenario de Nube Flamable en la tubería de conducción.....	251
9.8.7.	Escenario de Sobrepresión en la tubería de conducción.....	255
9.8.8.	Escenario de Jet Fire en la línea de conducción .....	259
9.9.	Afectaciones sobre el entorno .....	263
<b>10.</b>	<b>Medidas preventivas.....</b>	<b>266</b>
10.1.	Medidas preventivas destinadas a evitar la pérdida de vidas humanas, los daños a los bienes y el deterioro del ambiente y las orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de incidente.....	266
10.1.1.	Seguridad en las instalaciones.....	266
10.2.	Medidas preventivas. ....	268
10.3.	Desarrollo de procedimientos de respuesta a emergencias.....	268
10.4.	Resumen del análisis de riesgos .....	274
10.5.	Conclusiones.....	275
10.6.	Hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto en	

materia de riesgo ambiental .....	275
<b>11. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en el estudio de riesgo ambiental.....</b>	<b>276</b>
11.1. Formatos de presentación.....	276
11.2. Anexos .....	276
11.3. Fotografías.....	276
<b>12. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>277</b>

---

## 9. ESTUDIO DE RIESGOS

---

### 9.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

El presente estudio se desarrolla para una planta a desarrollar por lo que no se cuenta con datos estadísticos de accidentes, ni incidentes, sin embargo, a continuación, se enlista una serie de accidentes por manejo de las sustancias que se manejarán en la planta, con carácter informativo.

El Gas Natural Comprimido (GNC) es el mismo Gas Natural que se consume en los hogares y que, en muchos países se utiliza como combustible vehicular, fundamentalmente en Sudamérica, Asia y Europa, para vehículos que han sido convertidos de su propulsión original a gasolina a otra dual que permite tanto su uso en GNC como en nafta indistintamente a voluntad del conductor.

El Gas Natural no es lo mismo que Gas LP (Gas Licuado de Petróleo). El Gas Natural es metano en aproximadamente un 95 % en nuestro medio, según el yacimiento de origen y normalmente se almacena en forma de gas, mientras que el GLP es mayormente propano y a diferencia del Gas Natural, es almacenado como líquido.

El GNC es un combustible limpio que puede mejorar sensiblemente las condiciones ambientales, disminuyendo la creciente contaminación urbana.

#### Accidentes en México por el manejo de gas natural.

- Accidente del gasoducto de gas natural de PEMEX en el estado de Guanajuato, no hubo daños personales. (Fuente: El Norte 19 de Septiembre de 1991).
- Accidente en gasoducto de gas amargo de PEMEX (21 de Septiembre de 1991) en Cunduacán, Tabasco al estallar un ducto de 16" de diámetro, fallecieron 6 obreros de PEMEX. Este percance sucedió cuando los trabajadores realizaban actividades de corte en la línea que transportaba gas amargo, debido a que las líneas no fueron desfogadas antes de los trabajos de corte (Fuente: El Ovociones).
- Fuga en gasoducto de gas natural de PEMEX (15 de Junio de 1992) en Xalostoc, debido a la ruptura de una válvula de alivio. No se reportaron daños ni víctimas.
- Accidente de gasoducto de gas natural PEMEX en Guadalajara (4 de Septiembre de 1995) debido a que personas golpearon el ducto por error, al confundirlo con una tubería de agua, no hubo daños materiales ni humanos (Fuente: El Norte).

- Accidente en gasoducto de gas natural de PEMEX en Boca-Cárdenas (23 Enero de 1996) que provocó un muerto y cuatro heridos al momento que trabajadores cambiaban una válvula.
- Fuga de gas natural en Atasta-Cd PEMEX (8 de Septiembre de 1996), el accidente ocurrió cuando se interconectaban un bypass. Un trabajador resultó herido. (Fuente: La Jornada).
- Estalla ducto de gas natural en Cuautitlán Izcalli, 13 Septiembre 2008 La explosión de gas natural, fue provocada accidentalmente por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto 10 pulgadas de diámetro al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular del Circuito Exterior Mexiquense, tercera etapa, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes. En el estallido, que levantó llamas de hasta 40 m de altura, resultaron lesionados el operador de la perforadora y un trabajador, con graves quemaduras. El accidente se registró a las 8:10 horas en el kilómetro 34.5 de la autopista México-Querétaro.
- El incendio de la empresa Leo Mexicana SA de CV, Puebla, Puebla 12 de Noviembre de 2012 con giro comercial de transportación de gas natural comprimido, sólo generó daños materiales y no se registraron personas lesionadas
- 04/JUN/2013 fuga de gas natural en el cruce de las calles Mata Redonda y Agua Dulce, alrededor de las 9:40 horas de este martes, se evacuó al menos 400 vecinos y tres escuelas, la fuga se debió a que una retroexcavadora daba mantenimiento al sistema de agua potable en la zona y daño uno de los ductos de manera accidental hace una ruptura, y eso provoca una fuga de gas.
- El gobierno de Zapopan informó hoy 16 de octubre de 2013, de una fuga de gas natural en una zona del sur de la ciudad que colinda con los municipios de Guadalajara y Tlaquepaque, se evacuaron a 3000 sin registrarse víctimas.
- Una fuga de gas natural se registró al cruce de Marcos Montero Cruz y Alfareros el 28 de Octubre de 2013 en el municipio de San Pedro Tlaquepaque, se informó que la fuga de gas se originó al mover un poste de CFE del lugar, los trabajadores mencionaron que le dieron al tubo con una barra metálica.
- México. - La empresa Gas Natural Fenosa (GNF) San Pedro Garza, Monterrey (07 de Agosto de 2014) reportó el control de la fuga de gas que derivó en una

fuerte explosión el incidente sucedió, en San Pedro Garza García. La explosión fue ocasionada por un deslave que, a su vez, provocó el desplazamiento de una tubería de gas natural, resultando en el escape del combustible.

- El 7 de Agosto del 2014 se produjo una explosión e incendio en un ducto de gas natural en el municipio de San Pedro Garza García, Nuevo León. La explosión se originó tras el choque de un vehículo que provocó una fuga de agua. La presión reblandeció la tierra, tiró una barda de una construcción y provocó el hundimiento de parte del pavimento, dañando un ducto de 12 pulgadas de gas natural. Las llamas alcanzaron varios metros de altura, el accidente se registró a las 10:00 am. Las válvulas de paso de gas fueron cerradas mientras los bomberos atacaban el incendio. Solo se reportaron daños materiales (carros).
- Fuga de gas natural en ducto de PEMEX en Huehuetoca, Se registró una fuga natural en Huehuetoca, el 15 de agosto del 2014. El incidente se dio a la altura del km 0+752 del Circuito Exterior de Mexiquense. Se continúa descartando la posibilidad de que alguien sustraería gas de manera clandestina.
- Puebla, Puebla. - La tarde de este miércoles una fuga de gas natural alertó a los vecinos de la junta auxiliar Ignacio Romero Vargas. (20 de Agosto de 2014) los hechos se suscitaron, cuando un trascabo se encontraba trabajando en la calle Melchor Ocampo, a la altura del número 56, y perforó la tubería, de 3 pulgadas de diámetro, no se presentaron personas lesionadas.
- Puebla, México, 30 de Agosto de 2014.- En Puebla, se registró una explosión en un ducto de gas natural en la zona industrial de San Miguel Xoxtla lo género una fuga de gas aparentemente porque las válvulas nos están reportando, parece que vienen desde Veracruz. Aparentemente de unos tres metros de ancho y su altura nos da unos 4. 5 metros”, precisó Eduardo Flores, Protección Civil Xoxtla. Después de cuatro horas de trabajo elementos de rescate lograron controlar la fuga. No se reportaron lesionados.
- Una fuerte movilización de personal de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos del Estado (UEPCB) el 08 de Febrero de 2016 en el cruce de las avenidas El Colli y Copérnico, en Zapopan, como resultado del golpe que un

vehículo pesado denominado trascabo dio al pavimento lo que, a su vez, ocasionó la fractura de una tubería de gas subterránea.

- Elementos de Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos controlaron la tarde de este miércoles 10 de Febrero de 2016 una fuga de gas en la Zona Industrial de Guadalajara, la fuga se originó cuando personal del Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) se encontraba trabajando en el lugar y una de las máquinas dañó la tubería de baja presión de la empresa Tractebel en la Calle 4 entre la 5 y la 7, fueron desalojadas 80 personas de la empresa Pisa y Cuprosa de forma precautoria, no se reportaron lesionados
- De los eventos revisados, los cuatro accidentes ocurridos en ductos de gas natural se debieron a errores humanos durante excavaciones en la zona, lo que ocasionó ruptura de los ductos y la fuga del gas.

### 9.2. Metodología de identificación y jerarquización

Los estudios de riesgo involucran tres grandes temas:

- La identificación de los riesgos, que permite determinar las localizaciones, rutas, características y cantidades de materiales de fuentes potenciales por accidentes, explosión, incendio, fuga o derrame de una sustancia peligrosa,
- La probabilidad de ocurrencia de accidentes o eventos, que permite identificar la verosimilitud de ocurrencia M accidente para examinar y priorizar los escenarios de accidentes potenciales en términos de su probabilidad de ocurrencia, y
- El análisis de consecuencias e impactos asociados con la ocurrencia de los escenarios identificados de accidentes, que permite una comprensión de la naturaleza y gravedad de un accidente, reconoce un análisis y priorización de los escenarios en términos del impacto potencial del daño en la gente y las instalaciones.

Una de las metodologías más aceptadas y apropiadas para determinar y evaluar los peligros de un proceso es el Estudio de Riesgo y Operabilidad de los procesos — HAZOP (HAZard and OPerability), que integra la metodología para sistemáticamente revisar el diseño y operación de una planta y/o proceso industrial para identificar la ocurrencia potencial de impactos en la gente, propiedades o el ambiente, este método fue desarrollado por ingenieros del ICI Chemicals de Inglaterra en los años 70's.

En la primera etapa en los estudios de análisis de riesgos consiste en la identificación de estos, y los métodos existentes para lograr este objetivo difieren, tanto en su carácter cualitativo o cuantitativo como en su grado de sistematización.

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

El carácter sistemático del análisis, se realiza con un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía o claves, "nodos", para examinar desviaciones de las condiciones normales de un proceso en varios puntos clave y que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones ocasionadas por múltiples causas, para determinar la flexibilidad de las respuestas a afectaciones por errores humanos, fallas de materiales, causas externas a la red, etc. De la misma forma se efectúa el análisis operativo M proceso comprendiendo el control, el mantenimiento, la supervisión.

Cada vez que una desviación razonable es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctoras, plasmándose en un registro ordenado de los datos y resultados.

La mecánica propia del HAZOP, es el determinar una variable del proceso, por ejemplo "flujo" y analizar el nodo bajo consideración. Entonces una serie de palabras guías son combinadas con la variable "flujo" para crear desviaciones. Por ejemplo, la palabra guía "Desviación" es combinada con la variable "Flujo" para dar la desviación "No flujo", iniciando con la búsqueda de la causa que puede resultar en la peor consecuencia posible. Cada causa es registrada con su listado de consecuencias, derivándose de esto protecciones, controles o recomendaciones apropiadas a cada escenario.

El proceso es repetido para la siguiente desviación hasta completar el nodo bajo estudio.

El procedimiento involucra tener una descripción y documentación completa de la planta y sistemáticamente cuestionar cada parte, para identificar como se pueden producir desviaciones del intento de diseño, una vez identificados, se hace una evaluación, para determinar si tales desviaciones y sus consecuencias pueden tener un efecto negativo en la seguridad y operación eficiente de la planta y de ser necesario se establecen acciones para remediar la situación.

En resumen, la metodología a seguir para llevar a cabo el análisis HAZOP, es:

- División del proceso en áreas.
- Descripción de la intención de diseño (operación normal, límites y condiciones de seguridad según diseño) de las diferentes secciones definidas.
- Postulación, a través de palabras guía, de desviaciones de la intención de diseño de cada tramo y sus componentes.
- Determinación de las causas y consecuencias posibles de las desviaciones postuladas.
- Determinación de las desviaciones significativas (aquellas cuyas consecuencias implican riesgos importantes y cuyas causas son creíbles, haciéndolas posibles).
- Evaluación de las defensas existentes contra tales desviaciones (prevención de las causas de las desviaciones, mitigación de sus consecuencias).

- Proposición de mejoras de diseño, procedimientos, programas y capacitación del personal para la prevención de las desviaciones y la mitigación de sus consecuencias.

Las palabras guía utilizadas para el presente estudio son:

1. No, Más, Menos, Reserva, Otro que.

Las variables consideradas en el desarrollo del HAZOP varían dependiendo del tipo de operación, ellas son:

2. Flujo, Presión, Temperatura, Instrumentación, Alivio, Mantenimiento, Corrosión, Seguridad, Agentes externos, Factor humano.

Una vez realizado el análisis HAZOP, se realizó la matriz de riesgos para cada uno de los nodos y parámetros analizados, utilizando los siguientes parámetros:

### **SEVERIDAD**

En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir una explosión, o un escape tóxico no es suficiente, sino que se requiere un estudio que indique cuales son los mecanismos o secuencias de acontecimientos por los que el accidente puede tener lugar.

El primer suceso de la cadena se conoce como suceso iniciador.

Por lo general entre el suceso iniciador y el accidente se encuentra una secuencia de hechos que incluyen las respuestas del sistema y de los operadores, así como otros sucesos concurrentes.

Todos estos factores se conocen como elementos del accidente.

## ELEMENTOS DE UN ACCIDENTE

Circunstancias Peligrosas	Sucesos iniciadores	Circunstancias propagadoras	Circunstancias mitigantes	Consecuencias del accidente
<b>Almacenamiento de cantidades importantes de sustancias químicas peligrosas,</b> (materiales inflamables, inestables o tóxicos, gases inestables, materiales a muy alta temperatura o muy baja temperatura, entre otros)  <b>Materiales altamente reactivos,</b> (reactantes, productos, subproductos, sustancias intermedias)  <b>Velocidades de reacción especialmente sensibles a impurezas o a parámetros de proceso</b>	<b>Fallo de maquinaria y equipo de proceso</b>  <b>Fallo de contención</b>  <b>Errores humanos</b>  <b>Pérdida de servicios</b>  <b>Agentes externos</b>  <b>Errores de método o de información</b>	<b>Desviaciones en parámetros de proceso,</b>  <b>Fallos de contención,</b>  <b>Emisiones de materiales,</b>  <b>Ignición/explosión</b>  <b>Errores del operador</b>  <b>Agentes externos</b>  <b>Errores de método o de información</b>	<b>Respuestas de seguridad</b>  <b>Mitigación</b>  <b>Operaciones de emergencia</b>  <b>Agentes externos.</b>  <b>Flujo adecuado de información</b>	<b>Incendios.</b>  <b>Explosiones.</b> <b>Impactos</b> <b>Dispersiones de materiales tóxicos</b>  <b>Dispersión de materiales de alta reactividad</b>

Tabla 9-1 Elementos de un Accidente

### 9.3. Memoria de detalle de la identificación y jerarquización de riesgos.

Consiste en determinar las consecuencias no deseadas originadas por un evento. Este tipo de análisis no está tan estructurado como el análisis Hazop o el FMECA, pero se considera una herramienta fácil de emplear y menos tediosa que otras.

Esta técnica de identificación de riesgos es un método muy creativo del tipo inductivo, el cual usa la información específica de un proceso, a fin de generar una serie de preguntas que son pertinentes y apropiadas durante el tiempo de vida de una instalación industrial, que además considera los aspectos generados cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación de los equipos.

El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción y operación del proyecto, y exige el planteamiento de las posibles

desviaciones desde el diseño, construcción, modificaciones de operación de una determinada instalación

Con el fin de determinar cuáles de los riesgos identificados son de atención prioritaria, se realizó la evaluación cuantitativa de una **Matriz de Jerarquización de Riesgos**, la cual permite obtener el índice o grado de riesgo de un evento, en función de su frecuencia y magnitud de las consecuencias.

Para contar con un parámetro común se utilizó la siguiente tabla de índice de severidad, la cual establece la magnitud de las consecuencias de un evento extraordinario.

Rango	Severidad	Descripción
4	Catastrófico	Muertes dentro o fuera del lugar Daños y pérdidas de producción mayores a US\$1'000,000
3	Severa	Heridos múltiples Daños y pérdidas de producción entre US\$100,000 y \$1'000,000
2	Moderada	Heridas ligeras Daños y pérdidas de producción entre US\$10,000 y \$100,000
1	Ligera	No hay heridas Daños y pérdidas de producción menores a US\$10,000

Tabla 9-2 Índice de severidad

Y el siguiente índice de frecuencia, que establece la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Rango	Frecuencia	Descripción
4	Frecuente	Ocurre más de una vez al año
3	Poco frecuente	Ocurre una vez entre 1 y 10 años
2	Raro	Ocurre una vez entre 10 y 100 años
1	Extremadamente Raro	Ocurre una vez cada 100 años o más

Tabla 9-3 Índice de Frecuencia

En conjunto de la matriz de Jerarquización de riesgos mostrada a continuación, se puede determinar el Índice de Riesgo, el cual nos permite establecer la aceptabilidad o inaceptabilidad de un evento que se pudiera presentarse en la estación de servicio de gas natural.

Índice de Riesgos			Consecuencias			
			Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
			1	2	3	4
Frecuencia	Frecuente	4	4	8	12	16
	Poco frecuente	3	3	6	9	12
	Raro	2	2	4	6	8
	Extremadamente raro	1	1	2	3	4

### Matriz de Jerarquización de riesgos

Finalmente, el índice de riesgo resultante se evalúa contra los valores de la siguiente tabla para determinar si se requiere o no intervención.

Rango	Riesgo	Descripción
1, 2, 3	Aceptable	Rango general aceptable. No se requieren medidas de mitigación y abatimiento.
4, 6	Aceptable con controles	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo en forma correcta y en su caso modificar los procedimientos de control del proceso.
8, 9	Indeseable	Se deben revisar tanto los procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 12 meses.
12, 16	Inaceptable	Se deben revisar tanto los procedimientos de ingeniería como administrativos, y en su caso modificar los procedimientos y controles en un periodo de 3 a 6 meses.

Tabla 9-4 Índice de riesgo

Tomando en cuenta los datos anteriores, podemos definir los riesgos para el proyecto de la manera siguiente:

## Estación de Descompresión de Gas Natural

### 9.4. Análisis What If?

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
<b>Suministro de gas natural desde el Titán hacia la línea de abasto</b>	1. La conexión de la línea de suministro está deteriorada, debido a un caso omiso del programa de mantenimiento preventivo por parte del distribuidor	Posibilidad de daño en línea de suministro con la posibilidad de fugas	1	3	<b>3</b>
	2. Ocurre un incremento en la presión del gas de la línea de suministro y la válvula reguladora de flujo no la detecta y no bloquea el paso del gas	Sobre presión en equipo, pudiendo causar daños en sus componentes, lo cual puede llevar a fugas	1	3	<b>3</b>
	3. Falla en los reguladores de presión de la unidad de descompresión	Sobre presión en equipo, pudiendo causar daños en sus componentes, lo cual puede llevar a fugas	1	3	<b>3</b>
	4. Daño en tubería de suministro previo a la entrada a unidad de descompresión debido a movimiento de suelo por falla cercana	Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión	1	4	<b>4</b>
	5. Ocurre un daño en la tubería de suministro previo a la entrada a la unidad de descompresión por sabotaje o vandalismo	Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión	2	4	<b>8</b>
	6. Malfuncionamiento del medidor de flujo de la unidad de descompresión	Se generarán errores al contabilizar el volumen de gas que pasa por el equipo	1	1	<b>1</b>
	7. Falla en el mecanismo de la válvula de corte de unidad de descompresión	En caso de un problema, no podría cortarse el suministro de gas natural a la estación	1	2	<b>2</b>

## Estación de Descompresión de Gas Natural

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
<b>Unidad de descompresión de gas natural</b>	8. Alguno de los coples o uniones de los equipos no están bien unidos	Posibilidad de fuga del gas natural	2	2	4
	9. La válvula de alivio de presión se descalibra	En caso de presentarse variaciones de presión ésta no liberaría a tiempo una sobrepresión, provocando una fuga del gas	1	2	2
	10. El detector de fugas de gas natural no funciona	En caso de presentarse una fuga esta no sería detectada automáticamente, siendo detectada de forma olfativa por el personal.	1	3	3
	11. Existe una fractura en las líneas de conducción de gas.	Fuga de gas natural a alta presión	1	4	4
	12. Algún sensor funciona mal durante la descompresión	No se tendría suministro de gas natural debido a que se activarían los instrumentos de seguridad.	2	2	4
	13. Falla el suministro de energía eléctrica	El sistema de control fallaría y se tendría que realizar de forma manual.	3	2	6
	14. Una persona opera de forma inadecuada las mangueras de unión de la unidad de descompresión	Modificación de las características del flujo de salida del gas natural.	3	2	6
	15. Ocurre un incendio en los alrededores del área donde se localizan los equipos	Si se tiene la presencia de una fuga de gas puede provocarse un incendio mayor o una explosión	2	3	6
	16. Existen fallas en las conexiones al sistema de "tierra".	En caso de presentarse una sobrecarga eléctrica no se podrá liberar a tierra, pudiendo causar riesgo de incendio en caso de la presencia de fuga	1	3	3

## Estación de Descompresión de Gas Natural

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
<b>Línea de conducción de gas natural</b>	17. Corrosión en uno de las bridas de conexión	Posibilidad de fisura y por consiguiente, una fuga de gas natural	1	3	<b>3</b>
	18. Falla en válvula de seguridad	Se activa la válvula de seguridad y libera gas natural a la atmósfera por medio de un venteo	2	3	<b>6</b>
	19. La presión del gas en la tubería no es la de operación	Posibilidad de explosión debido a una presión operativa incorrecta	1	4	<b>4</b>
	20. Después de un mantenimiento, no se realiza adecuadamente las conexiones de entrada y/o salida del equipo	Posibilidad de fuga de gas una vez que se vuelve a poner en marcha	1	4	<b>4</b>
	21. Un vehículo choca contra el recinto, dañando la tubería de conducción de gas natural	Fuga masiva del contenido y posibilidad de un incendio o explosión	1	4	<b>4</b>
	22. Daño por un impacto vehicular en la unidad de descompresión	Fuga del gas natural	2	4	<b>8</b>
	23. Ocurre un incendio cerca o en uno de los dispensarios	Posibilidad de incendio o explosión del gas contenido en la tubería.	1	4	<b>4</b>
	24. Falla la válvula de seguridad durante la operación	Sobrellenado o sobrepresión en ductos con posibilidad de fuga	1	3	<b>3</b>
	25. Falla la válvula de corte de flujo en uno de los controles de flujo	Fuga de gas natural	2	3	<b>6</b>

### Resumen de la jerarquización de riesgos:

ÍNDICE DE RIESGOS			SEVERIDAD			
			Ligero	Moderado	Severo	Catastrófico
			1	2	3	4
FRECUENCIA	Frecuente	4				
	Poco Frecuente	3		2		
	Raro	2		2	2	2
	Extremadamente Raro	1	1	2	7	6

### Matriz de Jerarquización de Riesgos

En donde

	Riesgo Inaceptable
	Riesgo indeseable (Alto)
	Riesgo aceptable con controles (intermedio)
	Riesgo aceptable (Bajo)

La jerarquización del riesgo está en función de la combinación de los factores establecidos, considerando que, **a mayor calificación, mayor riesgo** y viceversa. Los eventos identificados tienen los siguientes niveles de riesgo:

Categoría de Riesgo	Eventos
1. Riesgo aceptable	1,2,3,6,7,9,10,16,17,24
2. Riesgo aceptable con controles	4,8, 11,12,13,14,15,18,19,20,21,23
3. Riesgo indeseable	5, 22

#### Niveles de Riesgo

De acuerdo al análisis previo se tiene que, para los eventos con valor de riesgo indeseable o alto, se deben revisar tanto los procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar los procedimientos y controles en un período de 3 a 12 meses.

Estos corresponden principalmente a problemas que involucran la intervención del hombre. La minimización de estos riesgos se puede conseguir mediante la capacitación, el establecimiento de medidas de seguridad y un buen mantenimiento preventivo periódico de los equipos involucrados.

Los eventos de riesgo con factor de riesgo aceptables y aceptables con controles pueden ser atendidos con los recursos propios de la empresa si llegarán a presentarse y, de la misma forma, pueden ser minimizados con la aplicación de procedimientos de seguridad y mantenimiento.

Normalmente el concepto de instalación de proceso va asociado a un sistema productivo o a una parte del mismo, en el que intervienen sustancias químicas que, a través de determinadas operaciones básicas, generalmente concatenadas, son sometidas a procesos físicos o químicos para obtener productos intermedios o acabados.

Tales procesos físicos o químicos deben desarrollarse en condiciones de trabajo determinadas, siendo la composición de las sustancias químicas, la cantidad de las mismas en procesos discontinuos o el flujo másico en procesos continuos, la presión y la temperatura, algunas de las variables fundamentales del sistema que exigen ser perfectamente controladas.

Evidentemente las instalaciones son diseñadas para adecuarse a las condiciones normales de trabajo, pero deben ser capaces de soportar alteraciones a las condiciones normales de trabajo, pero deben ser capaces de soportar alteraciones previsibles, aunque sean ocasionales, sin generar daños a personas y bienes.

Precisamente el análisis de riesgos en este tipo de instalaciones requiere considerar todas las variables que condicionan el proceso físico o químico en cuestión, planteándose variaciones de las mismas ante posibles fallos o deficiencias, y consecuentemente la capacidad de respuesta de las instalaciones en base a sus características y a los elementos de seguridad de que está constituida, muchos de los cuales deben garantizar una respuesta activa.

Esto no es tarea fácil ya que las alteraciones posibles son diversas y tanto las causas que las originan como sus consecuencias, que necesariamente deben ser consideradas para poder efectuar una evaluación de los riesgos de la instalación, son múltiples, y además integradas, en a veces complejos esquemas de interrelaciones secuenciales.

Una peculiaridad destacable en las instalaciones de proceso es que suele existir interrelación entre riesgos y sus factores causales.

Que según las circunstancias desencadenadas generan diferentes niveles de peligrosidad y de gravedad de sus consecuencias.

### **Causas de accidentes en instalaciones de proceso**

La experiencia de los accidentes sucedidos en instalaciones de proceso muestra que las causas de los mismos pueden clasificarse, dejando al margen las injerencias de agentes externos al proceso y fuerzas naturales (proximidad a instalaciones peligrosas, viento, heladas, incendios, etc.), en los siguientes tres grupos, para cada uno de los cuales se indican algunos de los fallos más frecuentes.

## **Fallo de componentes.**

- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura
- Fallos de elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Fallos de sistemas de control (sensores de presión y temperaturas, controladores de nivel, reguladores de flujos, unidades de control computarizadas, etc.)
- Fallos de sistemas de sistemas específicos de seguridad (válvulas de seguridad, discos de ruptura, sistemas de alivio de presiones, sistemas de neutralización, etc.)
- Fallos de juntas y conexiones

## **Desviaciones en las condiciones normales de operación**

- Alteraciones incontroladas de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentraciones)
- Fallos en los servicios, tales como:
  - Insuficiente enfriamiento para reacciones exotérmicas
  - Insuficiente aporte del medio calefactor o vapor
  - Corte del suministro eléctrico
  - Ausencia de aire comprimido
  - Fallos en los procedimientos de paro o puesta en marcha
  - Formación de subproductos, residuos o impurezas, causantes de reacciones colaterales indeseadas

## **Errores humanos y de organización**

- Errores de operación
- Desconexiones de sistemas de seguridad a causa de frecuentes falsas alarmas
- Errores de comunicación
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento
- Realización de trabajos no autorizados (soldaduras, entrada en espacios confinados)

Evidentemente la seguridad de una instalación de proceso debe iniciarse en la fase de diseño, seleccionando los debidos componentes y montándolos bajo normas y con rigurosos controles de calidad.

## 9.5. Causa de los posibles riesgos

### RIESGO POR CARACTERISTICAS DE SUSTANCIAS QUIMICAS

Los riesgos existentes se derivan del Gas Natural que se conduce al proyecto y de sus propiedades físicas y químicas.

#### Gas Natural

El Gas Natural es una mezcla de gases ligeros que se encuentra frecuentemente en yacimientos de petróleo, **disuelto** o **asociado** con el petróleo o en depósitos de carbón.

Aunque su composición varía en función del yacimiento del que se saca, está compuesto principalmente por metano en cantidades que comúnmente pueden superar el 90 o 95%

De acuerdo con lo anterior, el Gas Natural está constituido por mezclas de hidrocarburos que le proporcionan características de alta inflamabilidad.

#### Características del gas natural

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO			
Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No:	HDSSQ-001		
Nombre del Producto	Gas Natural		
Nombre Químico	Metano		
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo		
Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )		

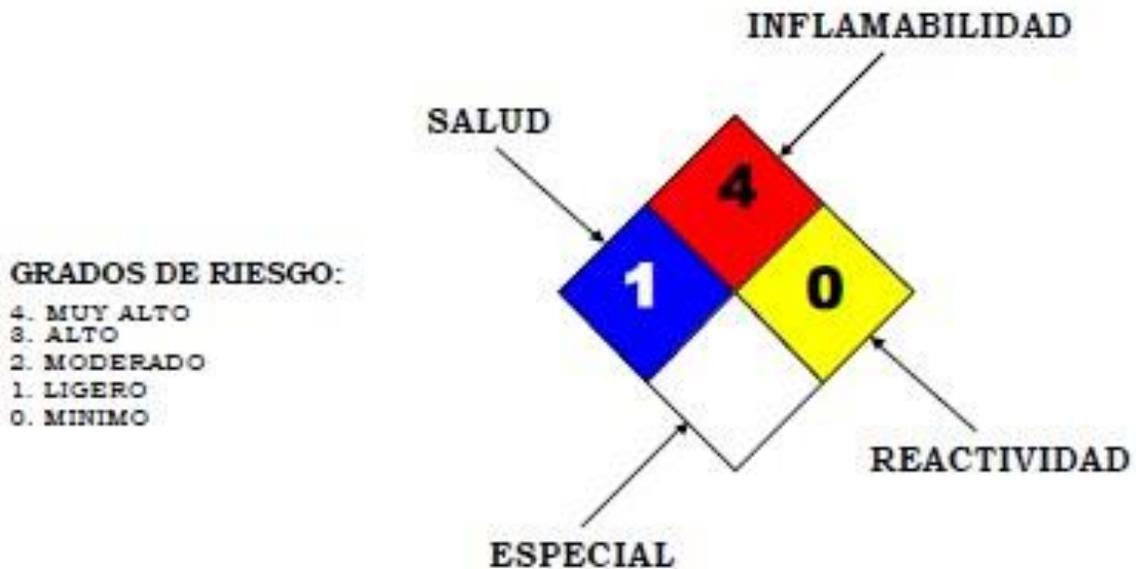
2. COMPOSICION E INFORMACION DE LOS COMPONENTES			
MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	LEP (Límite de Exposición Permisible)...
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano	17-28 ppm		Odorifico

El CAS del Etil Mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

## 9. PROPIEDADES FISICAS / QUIMICAS

Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Peso Molecular	18.2
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera	- 160.0 °C
Temperatura de Fusión	- 182.0 °C
Densidad de los Vapores (Aire = 1) @ 15.5 °C	0.61 (Más ligero que el aire)
Densidad del Líquido (Agua = 1) @ 0°/4 °C	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en Agua @ 20 °C	Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)
Apariencia y Color	Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma Pemex No 07.3.13 <sup>4</sup> )

### Riesgos de fuego y explosión



## 3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61, aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas en el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas e industriales y como carburante en motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

### SITUACION DE EMERGENCIA

**Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor.** Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Debe manejarse a la intemperie ó en sitios abiertos a la atmósfera para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas. Se deberá evitar el manejo del gas natural en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico, por el odorífico utilizado, puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente; sin embargo, el sentido del olfato se perturba, a tal grado, que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas.

### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

El gas natural no tiene color, sabor, ni olor, por lo que es necesario administrar un odorífico para advertir su presencia en caso de fuga.

## 5. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

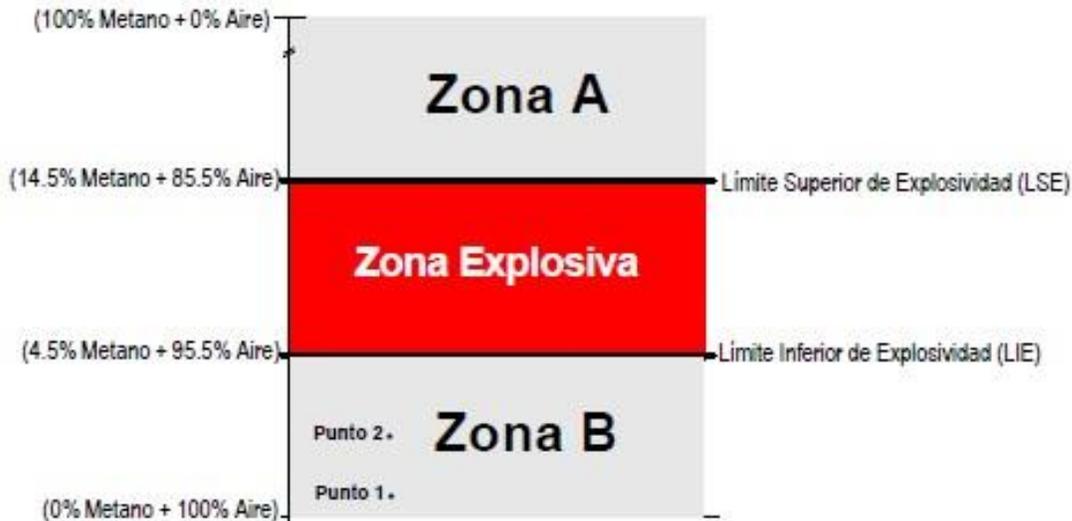
Punto de Flash	-222.0 °C
Temperatura de Auto ignición	650.0°C
Límites de Explosividad:	
Inferior	4.5 %
Superior	14.5 %

**Punto de Flash:** Una sustancia con punto de flash de 38 °C o menor se considera peligrosa; entre 38 °C y 93 °C, moderadamente inflamable; mayor a 93 °C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (-222.0 °C) lo hace un compuesto

### Mezcla de

- Aire +
- Gas Natural

Zonas A y B: En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de gas natural no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyos contenidos se acerquen a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar un incendio o explosión.



### Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de bloqueo de válvulas, disparo de motores, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

## Estabilidad y reactividad

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad Química:** Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

**Condiciones a Evitar:** Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dioxigenil, oxígeno líquido, ClO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>).

**Productos Peligrosos de Descomposición:** Los gases o humos que produce su combustión son: bióxido de carbono y monóxido de carbono (gas tóxico).

**Peligros de Polimerización:** No polimeriza.

## Toxicología

### 11. INFORMACION TOXICOLOGICA

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes, ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

## 9.6. Riesgo por manejo de gas natural

Los riesgos en el caso de manejo de Gas Natural que llega al suelo está relacionado con la posibilidad de incendio o dispersión de vapores originados por el escape o fuga del gas contenido en la tubería, seguido de su evaporación y dispersión.

Se procederá a realizar un análisis de los posibles eventos que representan un riesgo de incendio, fuga, o explosión en la tubería de Gas Natural.

Los elementos que dan origen a los riesgos, se presentan durante el manejo del gas natural, que, en términos generales, considera las siguientes variables.

- Transvase de combustible
- Recursos humanos.
- Medio ambiente.

Aquí es importante entender que, el riesgo se encuentra relacionado con el peligro, y en condiciones que puedan producir efectos adversos sobre la mejor utilización de los recursos humanos y de la propiedad.

Las consecuencias pueden dar como resultado que cada uno de los riesgos intrínsecos a los cuales se está expuesto durante el manejo de combustibles, tendrán siempre como consecuencia pérdidas, las cuales pueden afectar a:

- Personal (Lesiones).
- Propiedad (Bienes inmuebles y muebles).
- Entorno (Daños al medio ambiente, la ecología y la sociedad).

Por lo anterior, es realmente importante reflexionar cada uno de los elementos ya que de esto depende la toma de decisiones de manera oportuna, para prevenir cualquier posible riesgo durante la operación del proyecto.

### 9.6.1. Riesgo por errores humanos y de organización.

- Errores de operación.
- Desconexión de sistemas de seguridad.
- Errores de comunicación.
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento.
- Realización de trabajos no autorizados.

Cabe destacar que los errores suelen suceder por alguno de los siguientes motivos:

- Desconocimiento de los riesgos y su prevención.
- Insuficiente formación y adiestramiento en el trabajo.
- Carga excesiva de trabajo.

Evidentemente la seguridad del proyecto debe iniciarse en la fase de diseño, seleccionando los debidos componentes y montándolos bajo normas y con rigurosos controles de calidad.

A pesar de ello los fallos como los que se han apuntado siempre son previsibles y por ello todo estudio de seguridad a nivel de proyecto o de revisión de una unidad en funcionamiento, deben considerar su existencia, determinándose en términos de fiabilidad de sistemas la probabilidad de que sucedan.

En este sentido todo componente de una instalación, como los elementos de seguridad, en especial si son funcionalmente activos, deben estar sometidos a un programa de mantenimiento preventivo para garantizar su correcto estado y funcionamiento, y además a un mantenimiento correctivo que garantice su renovación antes de haberse agotado su vida media, establecida por su fabricante. Por otra parte, los errores humanos, también posibles, deben ser cuidadosamente analizados en términos probabilísticas para su debido control, cuando sus consecuencias puedan generar graves consecuencias.

Las instalaciones del proyecto, aunque tengan un alto nivel de automatización, requieren también la intervención humana, en las operaciones normales de trabajo, (almacenamiento y transvase de combustible, así como el control y vigilancia de procesos, etc.), ocasionalmente se dan alteraciones en las condiciones de trabajo que conducen a situaciones de emergencia que requieren la precisión de acciones correctas y rápidas para evitar un mayor riesgo. Por ello, en este tipo de instalaciones se asegura un comportamiento correcto para minimizar errores de trabajo.

Actualmente los tanques de almacenamiento cuentan con equipos y accesorios que evitan la presencia de fugas, además de que en caso de éstos llegaran a presentarse, sean detectables en forma inmediata para su corrección.

**EVALUACIÓN DE RIESGO.** - Es la estimación o valoración de la probabilidad de exposición a un peligro.

A partir de esta definición una evaluación de riesgo se orienta a:

- Identificar lo que puede suceder.
- Determinar cómo puede suceder.
- Evaluar las consecuencias en el supuesto de ocurrencia.
- Estimar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia.
- Reducir el riesgo.
- Diseñar los mecanismos de atención de la contingencia.

La primera pregunta ¿Qué puede ocurrir? Se refiere a las circunstancias que pueden dar origen a efectos adversos cuando el manejo de la sustancia peligrosa, conduce al evento no deseado. La respuesta es cualitativa, y da origen a la identificación de posibles riesgos. En esta etapa se pretende obtener una relación de todas las desviaciones que:

- 1) puedan producir un efecto adverso significativo
- 2) tengan una probabilidad razonable de producirse.

La segunda pregunta se refiere a la identificación de circunstancias que pueden dar lugar a eventos peligrosos: un peligro no identificado es un peligro que no va a ser considerado en los análisis posteriores. Para la identificación y el análisis se consideran planos, códigos de diseño, especificaciones, condiciones de operación, etc. Se aplicarán los métodos o técnicas de evaluación de riesgos.

Una vez identificadas las circunstancias que razonablemente pueden dar origen a efectos adversos de cierta magnitud, la siguiente etapa implica responder la pregunta: ¿Cuáles serían las consecuencias? Para ello, es necesario plantear hipótesis y aplicar modelos que relacionen la causa identificada con los efectos previstos, de modo que estos puedan ser cuantificados. Las medidas de protección que se consideren pueden incluirse en el modelo, modificando así los resultados del análisis. Para circunstancias determinadas, los modelos disponibles predicen la intensidad y duración del escape y la extensión de las zonas afectadas.

En cualquier caso, es indispensable tener un conocimiento preciso de las sustancias involucradas y de sus propiedades físicas y químicas.

Una vez estimadas las consecuencias, las cuales se obtiene al relacionar el alcance dado por los modelos con los recursos, instalaciones, población etc., localizados en las áreas afectadas, el siguiente paso es diseñar las medidas de prevención y reducción de riesgos, a la vez deberá diseñarse el conjunto de acciones y organización requerida para atender los eventos no deseados en caso de que estos ocurriesen.

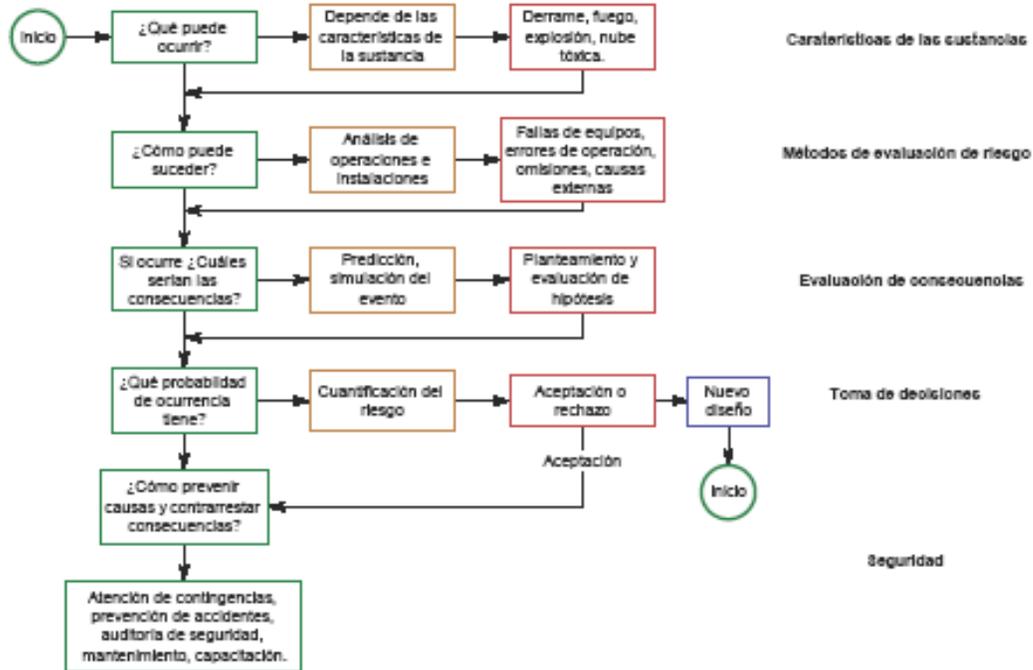


Ilustración 9.1 Esquema de procedimiento de evaluación de riesgo

La identificación de los riesgos de la estación de gas natural se analiza a través del Análisis y Riesgo de Operabilidad HAZOP, además de evaluación física y características del entorno de la estación, para establecer un análisis cualitativo de riesgos.

## 9.7. Matriz de riesgos según Hazop.

Los eventos más importantes que generarse son los asociados a fugas por roturas de tuberías, fallas en equipo de regulación, así como daño en los equipos que utilizan el gas natural como combustible.

### FUGAS DE COMBUSTIBLE

El gas natural es una mezcla combustible de gases de hidrocarburos y en su forma pura es incolora, sin forma, y sin olor.

La fuga de gas natural puede presentar riesgos, incluyendo:

- Fuego
- Explosión
- Asfixia (porque el gas natural desplaza al oxígeno en espacios confinados)

Ahora bien, para conocer los puntos de riesgo en la Estación de Descompresión

de Gas Natural se estableció un análisis bajo la metodología de Operación y Riesgo HAZOP (Hazard and Operability Analysis) es el método más amplio y reconocido para realizar un análisis en procesos industriales.

En este estudio que identifica con desviación de un diseño de una operación o de una afectación cualquiera o de todas las causas posibles y consecuencias en las condiciones adversas que puedan ocurrir del proceso lo que identifica el problema de seguridad y mejorar la operabilidad de la estación.

El análisis se realiza con un examen basado en una palabra guía o nodos, que proporciona una estructura de razonamiento, capaz de identificar las desviaciones ocasionadas por múltiples causas, así como de la flexibilidad de respuesta a errores humanos de operación, fallas de equipamiento o causas externas.

## Estación de Descompresión de Gas Natural

Se presenta la Matriz de Desviación HAZOP, aplicada al proyecto

<b>Nodo 1: Suministro de gas natural desde el Titán hacia la línea de abasto</b>						
Descripción:	Este nodo involucra la llegada del Gas Natural en el Titán y su conexión a la unidad de descompresión					
Causa	Consecuencia	F	C	RPN	Salvaguarda	Recomendaciones
<b>1.1 Desviación: No/ Bajo Flujo</b>						
1.1.1 Fallo de válvula	No hay flujo de gas	3	1	3	Comprobación previa a la puesta en marcha	Capacitación en procedimientos de operación
1.1.2 Ruptura de la línea de conexión del titán	Fuga y dispersión de gas, formando una nube de gas inflamable	3	3	9	Comprobación previa a la puesta en marcha	Capacitación en los procedimientos de atención de emergencias
<b>1.2 Desviación: Alto Flujo</b>						
1.2.1 Presión excesiva en la línea de conexión	Aumento de presión y elevada alimentación a los equipos.	2	4	8	Válvulas de seguridad funcionando de manera adecuada	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
	Posible fuga por alta presión				Válvula de Seguridad de Presión PSV	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
<b>1.3 Desviación: Flujo reversible</b>						
No identificado						

## Estación de Descompresión de Gas Natural

<b>1.4 Desviación: Flujo diferente</b>						
No identificado						
<b>1.5 Desviación: No/Baja Presión</b>						
No identificado						
<b>1.6 Desviación: Alta Presión</b>						
1.6.1 Falla en la válvula de seguridad de presión	Probable fuga por falla de la válvula	2	4	8	Válvulas de seguridad posteriores al titan funcionando de manera adecuada	Capacitación en los procedimientos de atención de emergencias
<b>1.7 Desviación: No/Baja Temperatura</b>						
No identificado						
<b>1.8 Desviación: Alta Temperatura</b>						
No identificado						
<b>1.9 Desviación: Alto Nivel</b>						
Ver Alto Flujo						
<b>1.10 Desviación: Bajo Nivel</b>						
No identificado						

## Estación de Descompresión de Gas Natural

<b>Nodo 2: Unidad de descompresión de gas natural</b>						
<b>Descripción:</b>	Considera la conexión de la tubería a la salida del titán hacia la estación de descompresión					
<b>Causa</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>F</b>	<b>C</b>	<b>RPN</b>	<b>Salvaguarda</b>	<b>Recomendaciones</b>
<b>2.1 Desviación: No/ Bajo Flujo</b>						
2.1.1 No existe flujo	No se puede tener presión de operación	2	3	6	Manómetros calibrados, alertas de bajo flujo	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
<b>2.2 Desviación: Alto Flujo</b>						
2.2.1 Flujo excesivo	Sobre flujo	3	4	12	Sobre flujo e incremento de presión en la válvula de seguridad	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
	Posible fuga por alto flujo				Válvula de Seguridad de Presión PSV	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
<b>2.3 Desviación: Flujo reversible</b>						
No identificado						
<b>2.4 Desviación: Flujo diferente</b>						
No identificado						
<b>2.5 Desviación: No/Baja Presión</b>						
No identificado						
<b>2.6 Desviación: Alta Presión</b>						
Ver Alto Flujo						
<b>2.7 Desviación: No/Baja Temperatura</b>						
No identificado						
<b>2.8 Desviación: Alta Temperatura</b>						
No identificado						
<b>2.9 Desviación: Alto Nivel</b>						
Ver Alto Flujo						
<b>2.10 Desviación: Bajo Nivel</b>						
No identificado						

## Estación de Descompresión de Gas Natural

<b>Nodo 3: Línea de conducción de gas natural</b>						
Descripción:	Abarca la conexión de salida de la unidad de descompresión y la conexión a la tubería de la planta					
Causa	Consecuencia	F	C	RPN	Salvaguarda	Recomendaciones
<b>3.1 Desviación: No/ Bajo Flujo</b>						
3.1.1 No existe flujo hacia la tubería	Falta de gas natural para su distribución	2	3	6	Alertas de falla en los rangos de operación óptimos	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
3.1.2 No se tiene energía eléctrica para suministrar el combustible	No se puede operar la unidad de descompresión	2	3	6	Activación de la planta de energía auxiliar	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
<b>3.2 Desviación: Alto Flujo</b>						
3.2.1 Flujo excesivo	Sobre flujo	3	4	12	Sobre flujo e incremento de presión en la válvula del dispensario	Capacitación en los procedimientos de atención de emergencias
	Posible fuga por alto flujo, posible incendio				Válvula de Seguridad de Presión PSV	Procedimientos de operación y mantenimiento periódicos
<b>3.3 Desviación: Flujo reversible</b>						
No identificado						
<b>3.4 Desviación: Flujo diferente</b>						
No identificado						
<b>3.5 Desviación: No/Baja Presión</b>						
Ver No/Bajo Flujo						
<b>3.6 Desviación: Alta Presión</b>						
Ver Alto Flujo						

## Estación de Descompresión de Gas Natural

---

<b>3.7 Desviación: No/Baja Temperatura</b>
--

No identificado
-----------------

<b>3.8 Desviación: Alta Temperatura</b>
---

No identificado
-----------------

<b>3.9 Desviación: Alto Nivel</b>
-----------------------------------

Ver Alto Flujo
----------------

<b>3.10 Desviación: Bajo Nivel</b>
------------------------------------

No identificado
-----------------

Ahora bien, para calificar adecuadamente los posibles riesgos y de las características de afectación al entorno se realiza un análisis cualitativo del riesgo donde se consideran los siguientes niveles de afectación:

- Nivel 1.-Desviación del servicio y afectaciones menores
- Nivel 2: Suspensión del servicio y afectaciones mayores
- Nivel 3: Incendios y riesgos de fuego
- Nivel 4: Afectaciones Humanas y Materiales

RIESGO	CAUSAS DE RIESGO	NIVEL DE AFECTACIO
Roturas y Escape	Falla del dispositivo de regulación sobre presión del sistema Afectación en tuberías Falla de dispositivo de seguridad Fallas por errores operativos Mantenimiento deficiente Equipamiento deficiente	Nivel 3 y 4
Afectaciones en área de descompresión	Falla en la regulación del sistema Falla en válvula de suministro	Nivel 1 y 2
Seguridad de las instalaciones	Accidentes provocados por terceros Falta de atención a contingencias Deficiencia en capacitación adiestramiento del personal Falta de recursos para atención contingencias	Nivel 3 y 4

**Como resultado podemos identificar que el riesgo mayor a suscitares en la Estación de Descompresión de Gas Natural de la Planta PiSA Tlajomulco, es la probabilidad de una rotura de tuberías o escape de gas por alguna válvula o conexión deficiente que, puede traer la consecuencia de generar un incendio o explosión, aunando la falta de procedimientos deficientes de programas de mantenimiento preventivo y correctivo.**

---

## 9.8. Radios de afectación

En la “EDGN PiSA” se presentarán posibles riesgos potenciales, ya que en todo el sistema existirán uniones accesorios y equipos que puedan llegar a fallar en determinadas circunstancias y dado que su proceso se estará a una presión interna de operación baja en caso de falla de alguno de estos equipamientos, la emisión de gas a la atmósfera será inmediata.

Esta fuga procedente de una falla en tuberías o equipos derivara la emisión de una masa de gas a la atmósfera en forma de nube, ya que el gas natural es más ligero que el aire, con un punto de escape y una masa extendida en dirección del viento, formando una pluma gaseosa que va a ir disminuyendo en su concentración conforme se aleja del punto de emisión.

La determinación de los radios potenciales de afectación se realizó con la siguiente secuencia:

- Selección de escenarios de mayor probabilidad de ocurrencia.
- Selección de escenarios de mayores consecuencias.
- Simulación de eventos con el simulador ALOHA de los escenarios identificados en el HAZOP.

El programa ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), Localización de Áreas de Atmósferas Peligrosas, fue desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) y la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). ALOHA utiliza el modelo gaussiano para predecir la dispersión de gases neutros considerando una distribución de la concentración.

Es un programa computacional designado especialmente para uso de la gente respondiendo a los contaminantes sobre una emergencia de planificación e instrucción. ALOHA , cuenta con modelos de claves peligrosos , toxicidad , fiabilidad , radiaciones térmicas ( calor) y (explosión y carga explosiva relativamente contaminantes que dan resultado a gases tóxicos , que se dispersan fuegos y/o explosiones.

En este trabajo se considera que un evento de fuga es el escenario de mayor riesgo, ya sea por perforación o deterioro de la tubería, conexiones, uniones o desempeño deficiente tanto de materiales como el del elemento humano.

Los modelos implementados en ALOHA permiten considerar dispersiones originadas en fuentes continuas o instantáneas.

Como resultado de la resolución de los modelos implementados se obtiene la distancia máxima a la cual se alcanza la concentración de interés determinada. A partir de esta información el programa establece el contorno de la nube formada para la concentración elegida (valor umbral) y predice, en forma gráfica, el perfil de concentración y la dosis para cualquier punto de coordenadas (x,y) a cierta distancia de la fuente.

---

## ESCENARIOS IDENTIFICADOS

Así pues, como resultado del análisis de riesgo a los diferentes elementos, accesorios y procesos del sistema, se pueden considerar que el evento que representan la mayor probabilidad de ocurrencia y riesgo son:

1. Fuga de gas natural por fuga de la línea de conexión en el Titan
2. Fuga de gas natural por fuga en tubería de 4"

Para los cuales se simularán los siguientes riesgos:

- a) Área tóxica
- b) Área Flamable
- c) Sobrepresión
- d) Jet Fire

## METEOROLOGÍA

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en la presentación de Estudios de Riesgos para modelaciones deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, para este análisis se consideraron los datos de la estación meteorológica de la CNA identificada con es el número **00014294**, ubicada en las coordenadas de latitud: 20°28'22" N y longitud: 103°26'48" W, misma que se encuentra a una altura de 1,560.0 MSNM, el cual cuenta con registros desde el año 1951 al 2010.

## TIEMPO DE FUGA

El tiempo de fuga modelado es el tiempo de respuesta del operador del cuarto de control y se tomen las medidas correctivas, el cual se estima a un periodo de un minuto aproximadamente, sin embargo, hay que hacer la aclaración que el modelo de dispersión generado por el software ALOHA siempre se calcula con una duración de 60 minutos por lo que el área de afectación será mucho menor ya que la fuga se controlara mediante los sistemas de control automático.

## DIÁMETRO DE ORIFICIO DE FUGA

El área y forma del orificio es parámetro con gran incertidumbre. Por lo general se supone un orificio circular, los modelos de fuga para orificios circulares, para este caso se consideró como diámetro de tubería de la conexión entre el titán y la unidad de descompresión por medio de una manguera de 0.75 pulgadas, así como se considera una rotura de la tubería de 4" que conduce el gas natural de la unidad de descompresión hasta la conexión con el sistema de la planta PiSA Tlajomulco.

## PRESIÓN OPERATIVA

Se considera que la línea de alimentación de gas natural a la salida del titan tiene 250 bares de presión, y una vez que sale de la unidad de descompresión se tendrá una presión de 4 bares.

## **SIMULACIÓN DE LOS EVENTOS (PLANOS DE RADIOS DE AFECTACIÓN).**

Este apartado tiene por objeto principal determinar las zonas vulnerables que están asociadas a los accidentes identificados, mediante la simulación del comportamiento real de una sustancia química, en la cual intervienen una multitud de factores tales como:

- Condiciones en que se produce la liberación del gas natural.
- Características físico-químicas de la misma.
- Características del medio ambiente en el cual se produce la dispersión.
- Interrelación entre la sustancia y el medio ambiente.

Enseguida se presentan los diagramas con los radios de afectación y gráficas resultantes de la simulación, así como la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, mismos que se anexan al presente documento

### **9.8.1. Escenario de Fuga de Nube Tóxica en la conexión con el Titán**

Se considera la fuga de gas natural en la manguera de conexión del titan hacia la unidad de descompresión por un orificio de la tubería; además, para efectos de cálculo se considera que la tubería está conectada a una fuente infinita de gas.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Unidad Titan
- **Diámetro de manguera:** 0.75" (Diámetro de la tubería de conexión).
- **Presión del gas:** 250 bar
- **Longitud de la manguera:** 3.9 mts
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente

Se realizó la evaluación para el evento y se obtuvieron los siguientes resultados

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora <sup>1</sup>
Velocidad de fugado máximo promedio	828 kg/min
Cantidad liberada	16,902 Kg
Radio zona de riesgo	Menos de 10 metros
Radio zona de amortiguamiento	No calculada*
<b>NOTAS Y OBSERVACIONES</b>	



## 9.8.2. Escenario de Nube Flamable en la conexión con el Titan

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	282 kg/min
Cantidad liberada	16,902 Kg
Distancia zona de riesgo	63 metros
Distancia zona de amortiguamiento	202 metros

### Text Summary

ALOHA® 5.4.6 

```

SITE DATA:
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8
Molecular Weight: 16.04 g/mol
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
Ambient Boiling Point: -162.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 20° F Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 0.75 inches Pipe Length: 3.9 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.44 sq in
Pipe Press: 2900 psia Pipe Temperature: 20° F
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 282 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 16,902 kilograms

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Heavy Gas
Red : 63 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 202 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)

```

**Flammable Threat Zone**

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6

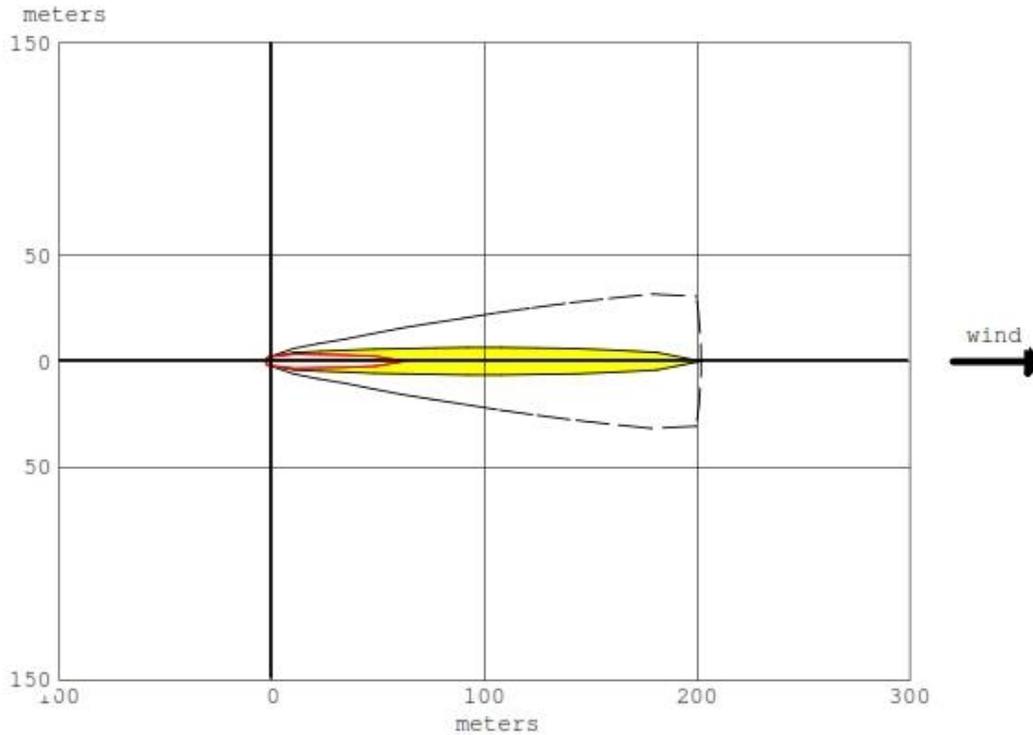


Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters

THREAT ZONE:  
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud  
Model Run: Heavy Gas  
Red : 63 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)  
Yellow: 202 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)



- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines

## Source Strength (Release Rate)

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



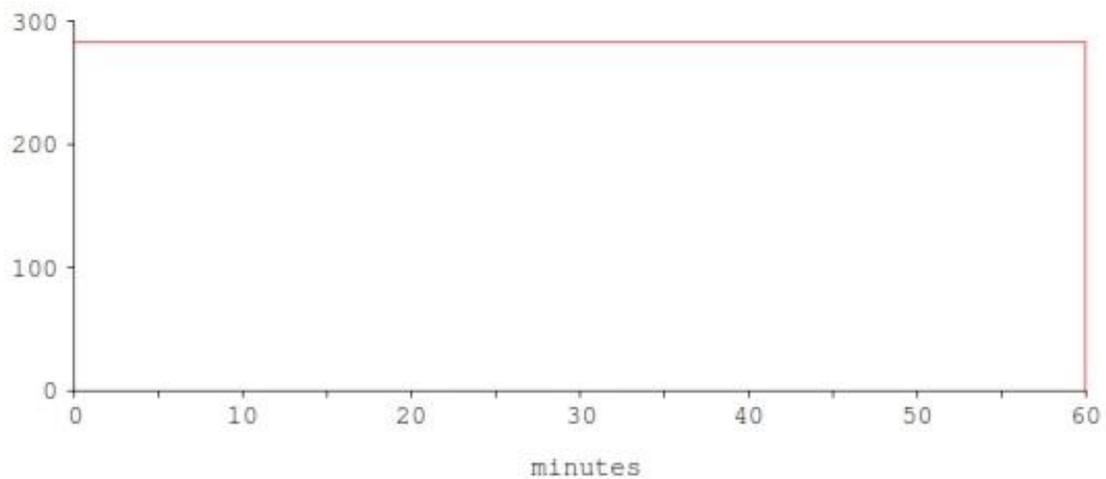
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

### SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)  
Pipe Diameter: 0.75 inches      Pipe Length: 3.9 meters  
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source  
Pipe Roughness: smooth      Hole Area: 0.44 sq in  
Pipe Press: 2900 psia      Pipe Temperature: 20° F  
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Max Average Sustained Release Rate: 282 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 16,902 kilograms

kilograms/minute



---

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



### 9.8.3. Escenario de Sobrepresión en la conexión con el Titán

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	282 kg/min
Cantidad liberada	16,902 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede <sup>1</sup>
Distancia zona de amortiguamiento (1 PSI)	51 m

### NOTAS Y OBSERVACIONES

<sup>1</sup> De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 8 o 3.5 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 1 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 51 m hacia la dirección del viento.

**Text Summary**



```

SITE DATA:
  Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
  Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
  Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
  Chemical Name: METHANE
  CAS Number: 74-82-8
  PAC-1: 65000 ppm   PAC-2: 230000 ppm   PAC-3: 400000 ppm
  LEL: 50000 ppm   UEL: 150000 ppm
  Ambient Boiling Point: -162.2° C
  Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
  Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
  Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
  Ground Roughness: open country
  Air Temperature: 20° F
  No Inversion Height
  Cloud Cover: 5 tenths
  Stability Class: D
  Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
  Flammable gas escaping from pipe (not burning)
  Pipe Diameter: 0.75 inches
  Pipe Length: 3.9 meters
  Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
  Pipe Roughness: smooth
  Hole Area: 0.44 sq in
  Pipe Press: 2900 psia
  Pipe Temperature: 20° F
  Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
  Max Average Sustained Release Rate: 282 kilograms/min
  (averaged over a minute or more)
  Total Amount Released: 16,902 kilograms

THREAT ZONE:
  Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
  Type of Ignition: ignited by spark or flame
  Level of Congestion: congested
  Model Run: Heavy Gas
  Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
  Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
  Yellow: 51 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

```

## Overpressure (Blast Force) Threat Zone

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters

### THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

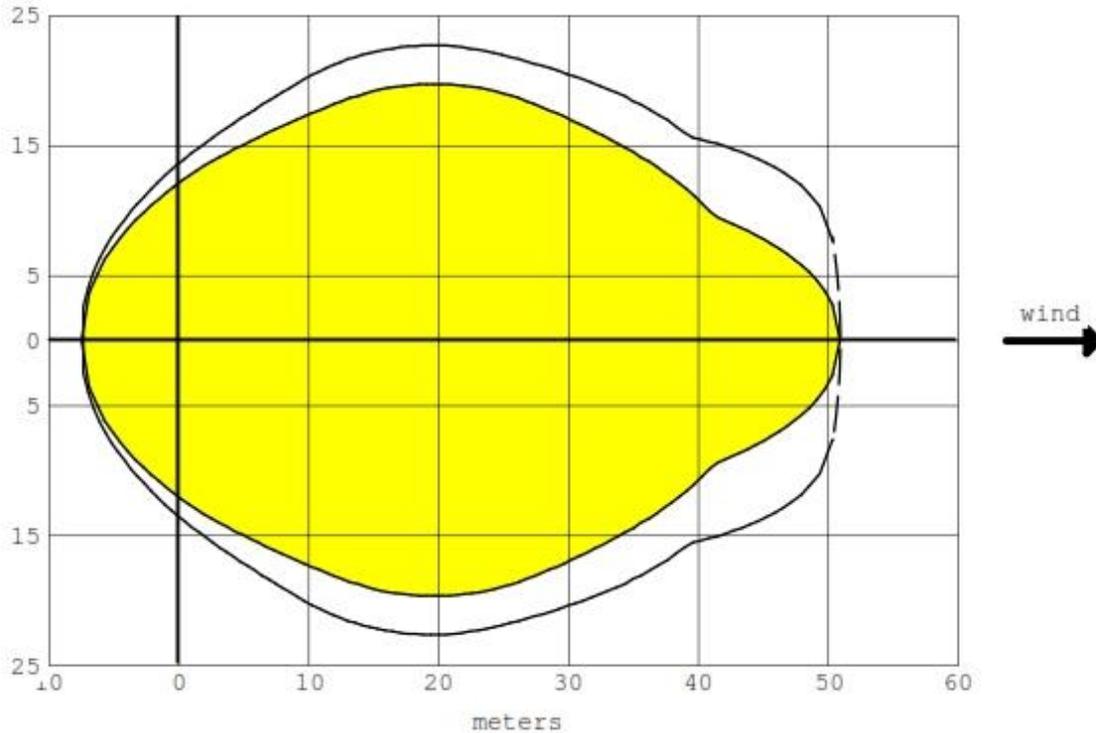
Model Run: Heavy Gas

Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)

Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)

Yellow: 51 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

meters



- greater than 8.0 psi (destruction of buildings)
- greater than 3.5 psi (serious injury likely)
- greater than 1.0 psi (shatters glass)
- wind direction confidence lines



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

## 9.8.4. Escenario de Jet Fire en la conexión con el Titan

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de quemado máximo promedio	602 kg/min
Cantidad liberada	16,902 Kg
Distancia máxima de flama	3.9 metros
Distancia de radiación de 10 Kw/m <sup>2</sup>	15 metros
Distancia de radiación de 5.0 Kw/m <sup>2</sup>	21 metros
Distancia de radiación de 2.0 Kw/m <sup>2</sup>	32 metros

### Text Summary

**ALOHA® 5.4.6** 

```

SITE DATA:
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8
Molecular Weight: 16.04 g/mol
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
Ambient Boiling Point: -162.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 20° F Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 0.75 inches Pipe Length: 3.9 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.44 sq in
Pipe Press: 2900 psia Pipe Temperature: 20° F
Flame Length: 2 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Burn Rate: 602 kilograms/min
Total Amount Burned: 16,902 kilograms

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red : 15 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 21 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 32 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

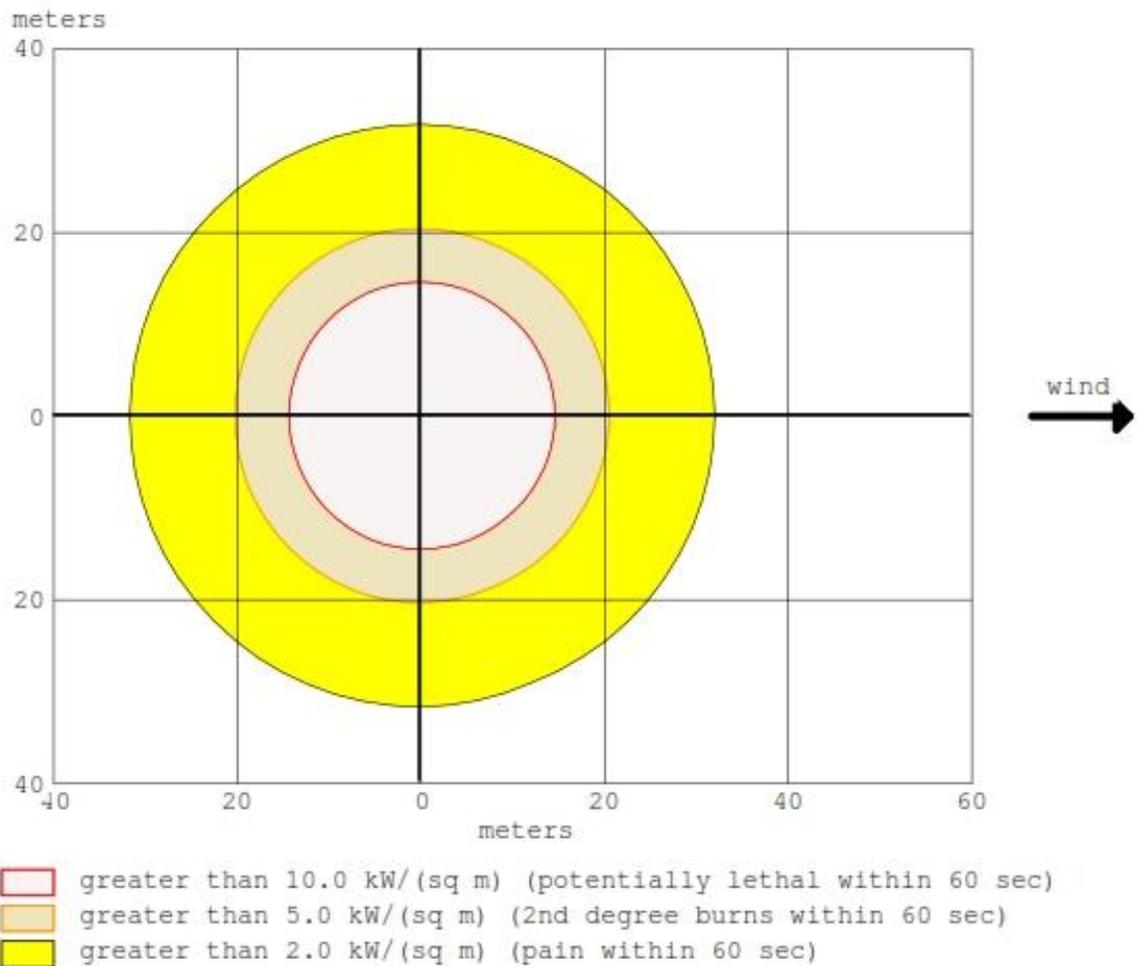
```

## Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)  
 Chemical Name: METHANE  
 Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters  
 THREAT ZONE:  
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire  
 Red : 15 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)  
 Orange: 21 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)  
 Yellow: 32 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)



## Source Strength (Burn Rate)

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



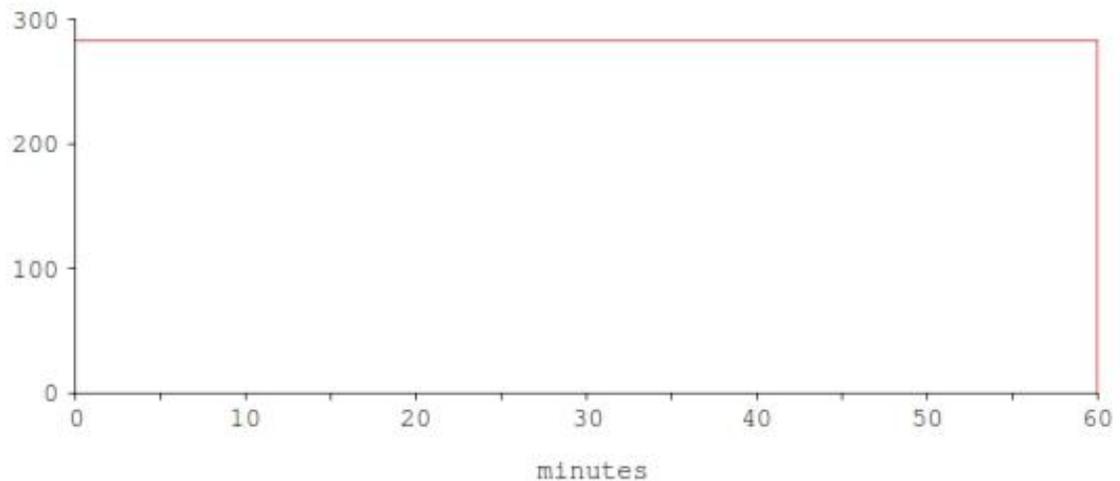
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

### SOURCE STRENGTH:

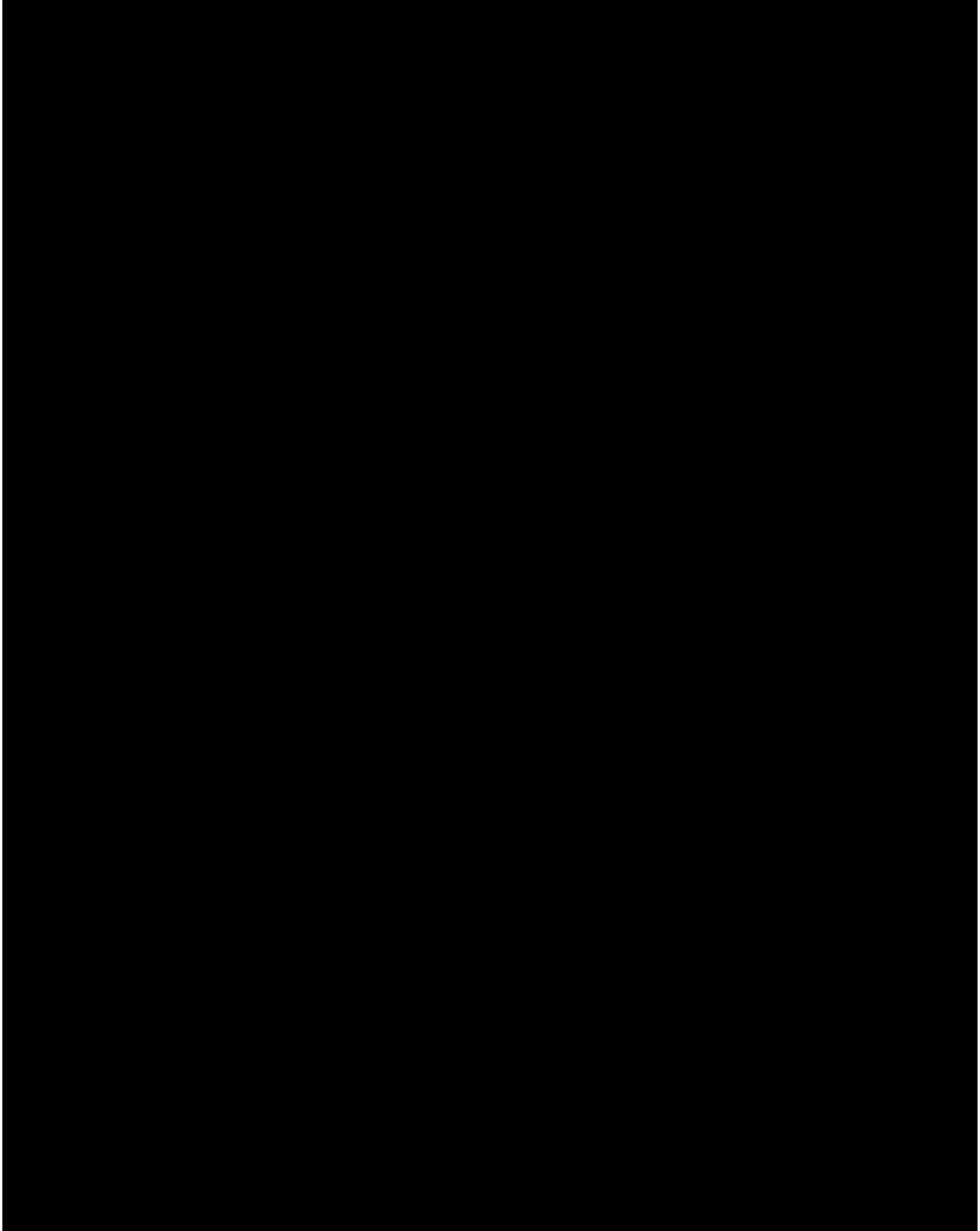
Flammable gas is burning as it escapes from pipe  
Pipe Diameter: 0.75 inches      Pipe Length: 3.9 meters  
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source  
Pipe Roughness: smooth      Hole Area: 0.44 sq in  
Pipe Press: 2900 psia      Pipe Temperature: 20° F  
Flame Length: 2 meters  
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Burn Rate: 602 kilograms/min  
Total Amount Burned: 16,902 kilograms

kilograms/minute



---

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



### 9.8.5. Escenario de Nube Toxica en la tubería de conducción

Para este evento se considera que existe una fuga del gas natural de la línea de 4" de conducción de gas hacia el servicio de la planta PiSA.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Tubería de gas
- **Diámetro de tubería:** 4" (Diámetro de la tubería de la línea de suministro).
- **Presión del gas:** 4 bar = 58 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tipo de apertura:** Tubería
- **Diámetro de la apertura:** 4" (Diámetro de la tubería).
- **Forma de la apertura:** Circular

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora <sup>1</sup>
Velocidad de fugado máximo promedio	138 kg/min
Cantidad liberada	8,307 Kg
Radio zona de riesgo (PAC-3)	11 metros
Radio zona de riesgo (PAC-2)	15 metros
Radio zona de riesgo (PAC-1)	29 metros

## Text Summary

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



SITE DATA:  
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO  
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)  
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:  
Chemical Name: METHANE  
CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol  
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm  
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm  
Ambient Boiling Point: -162.2° C  
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm  
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)  
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters  
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
Air Temperature: 20° F Stability Class: D  
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:  
Flammable gas escaping from pipe (not burning)  
Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 50 meters  
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source  
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in  
Pipe Press: 58 psia Pipe Temperature: 20° F  
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour  
Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)  
Total Amount Released: 8,307 kilograms

THREAT ZONE:  
Model Run: Gaussian  
Red : 11 meters --- (400000 ppm = PAC-3)  
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
make dispersion predictions less reliable for short distances.  
Orange: 15 meters --- (230000 ppm = PAC-2)  
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
make dispersion predictions less reliable for short distances.  
Yellow: 29 meters --- (65000 ppm = PAC-1)  
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness  
make dispersion predictions less reliable for short distances.

## Toxic Threat Zone

ALOHA® 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters

### THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : 11 meters --- (400000 ppm = PAC-3)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Orange: 15 meters --- (230000 ppm = PAC-2)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: 29 meters --- (65000 ppm = PAC-1)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Model Run: Gaussian

Red : 11 meters --- (400000 ppm = PAC-3)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Orange: 15 meters --- (230000 ppm = PAC-2)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: 29 meters --- (65000 ppm = PAC-1)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

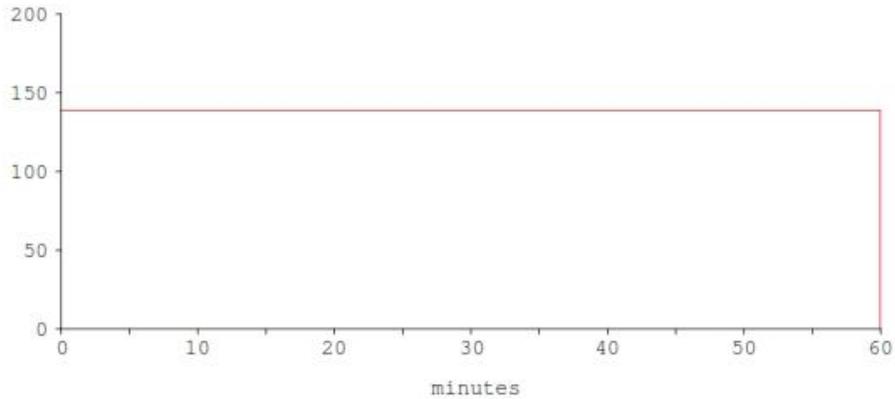
## Source Strength (Release Rate)

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



```
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)
Chemical Name: METHANE
SOURCE STRENGTH:
Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches      Pipe Length: 50 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth      Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 58 psia         Pipe Temperature: 20° F
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 8,307 kilograms
```

kilograms/minute



## 9.8.6. Escenario de Nube Flamable en la tubería de conducción

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	138 kg/min
Cantidad liberada	8,307 Kg
Distancia en zona 60% LEL	60 metros
Distancia en zona 10% LEL	152 metros

### Text Summary

ALOHA® 5.4.6 

```

SITE DATA:
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8 Molecular Weight: 16.04 g/mol
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
Ambient Boiling Point: -162.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 20° F Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 50 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 58 psia Pipe Temperature: 20° F
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 8,307 kilograms

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Gaussian
Red : 60 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 152 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)

```

## Flammable Threat Zone

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters

### THREAT ZONE:

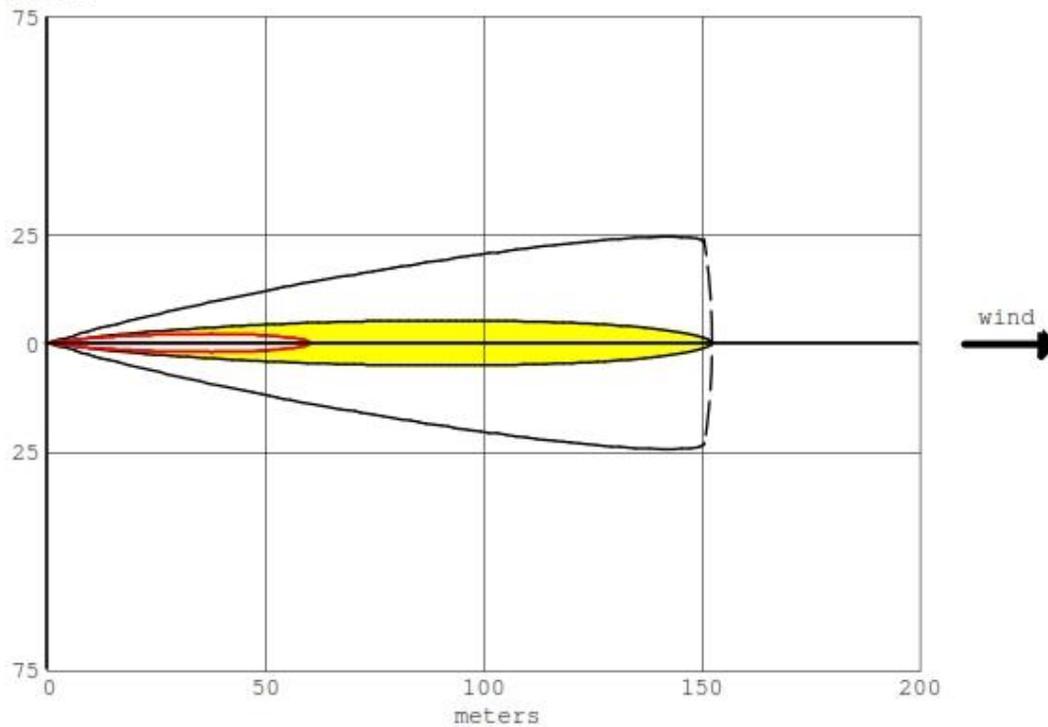
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Gaussian

Red : 60 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Yellow: 152 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)

meters



-  greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
-  greater than 5000 ppm (10% LEL)
-  wind direction confidence lines

## Source Strength (Release Rate)

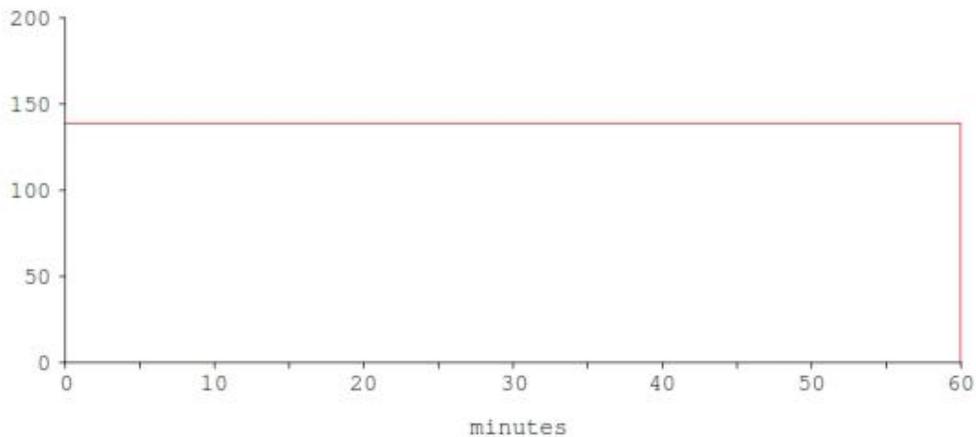
ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6 

```
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

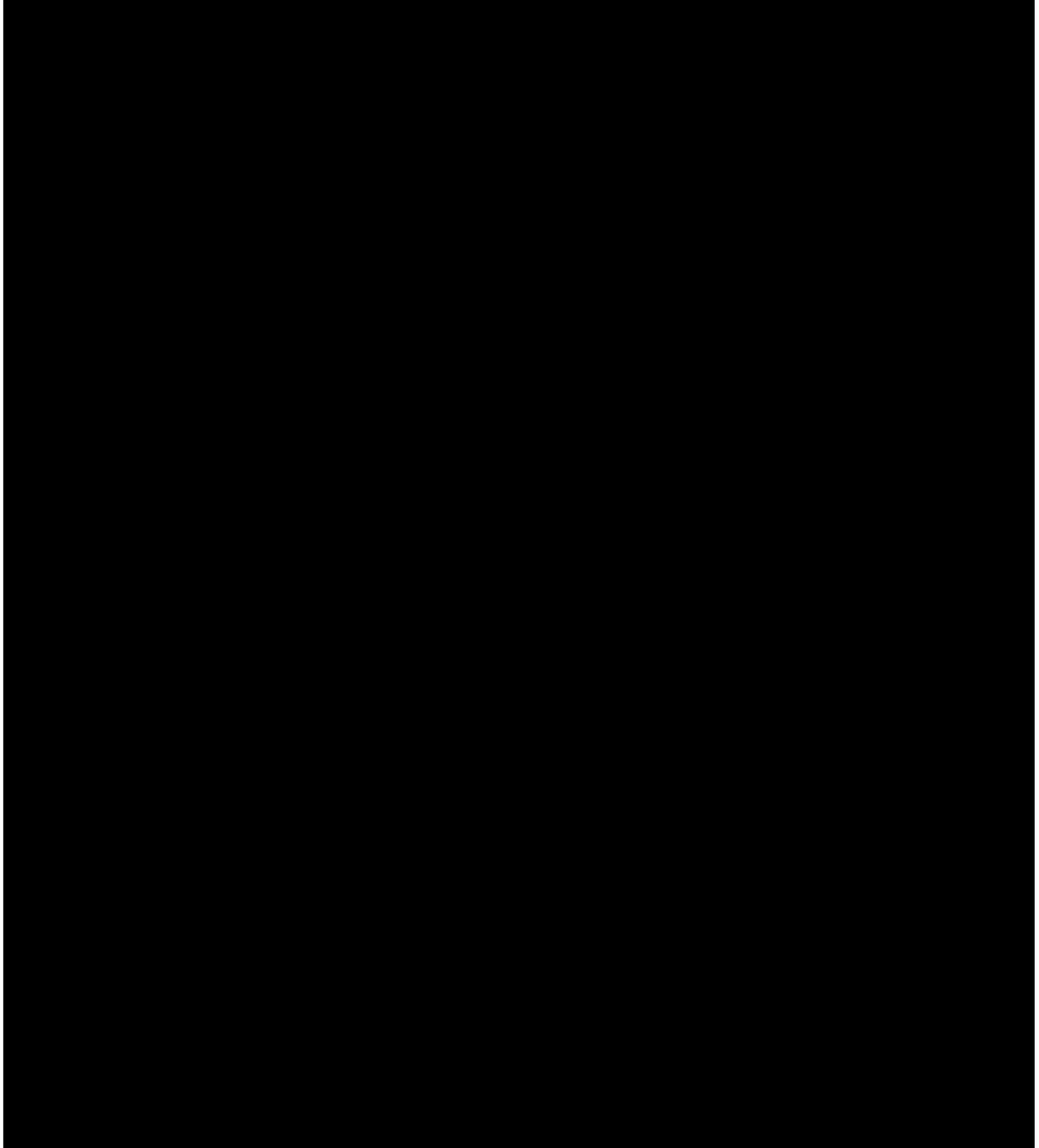
SOURCE STRENGTH:
Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches           Pipe Length: 50 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth           Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 58 psia              Pipe Temperature: 20° F
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 8,307 kilograms
```

kilograms/minute



---

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



## 9.8.7. Escenario de Sobrepresión en la tubería de conducción

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	138 kg/min
Cantidad liberada	8,307 Kg
Distancia de LOC (8.0 psi)	El LOC nunca se excede <sup>1</sup>
Distancia de LOC (3.5 psi)	El LOC nunca se excede <sup>1</sup>
Distancia de LOC (1.0 psi)	49 metros

### NOTAS Y OBSERVACIONES

<sup>1</sup> De acuerdo a los resultados de la simulación, la explosión de la nube de gas natural nunca excede el valor LOC (Level of concern) de 8 o 3.5 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 1 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 28 m hacia la dirección del viento.

**Text Summary**
**ALOHA® 5.4.6**

```

SITE DATA:
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8           Molecular Weight: 16.04 g/mol
PAC-1: 65000 ppm   PAC-2: 230000 ppm   PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm     UEL: 150000 ppm
Ambient Boiling Point: -162.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
Ground Roughness: open country           Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 20° F                   Stability Class: D
No Inversion Height                      Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches                 Pipe Length: 50 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth                 Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 58 psia                    Pipe Temperature: 20° F
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 8,307 kilograms

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Gaussian
Red   : 60 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 152 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)

```

**Source Strength (Release Rate)**

ALOHA® 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)

Chemical Name: METHANE

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)

Pipe Diameter: 4 inches                      Pipe Length: 50 meters

Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source

Pipe Roughness: smooth                      Hole Area: 12.6 sq in

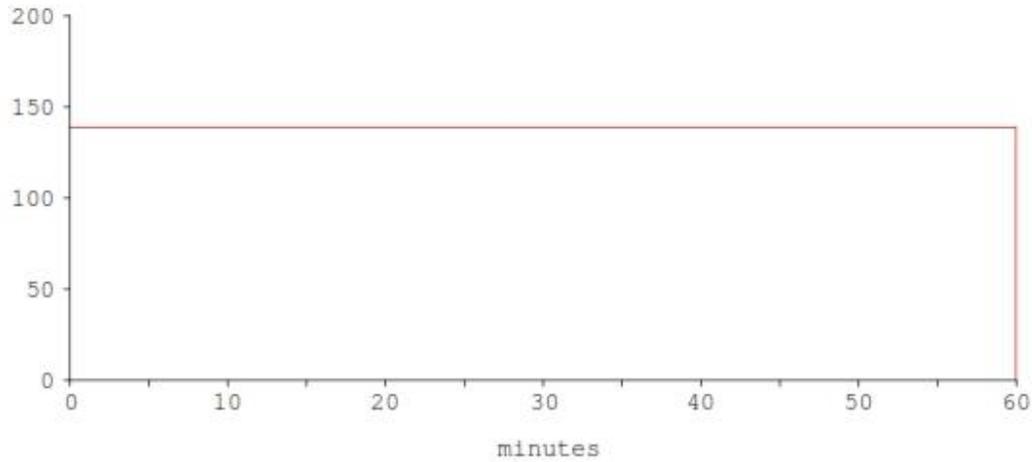
Pipe Press: 58 psia                              Pipe Temperature: 20° F

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 138 kilograms/min  
(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 8,307 kilograms

kilograms/minute

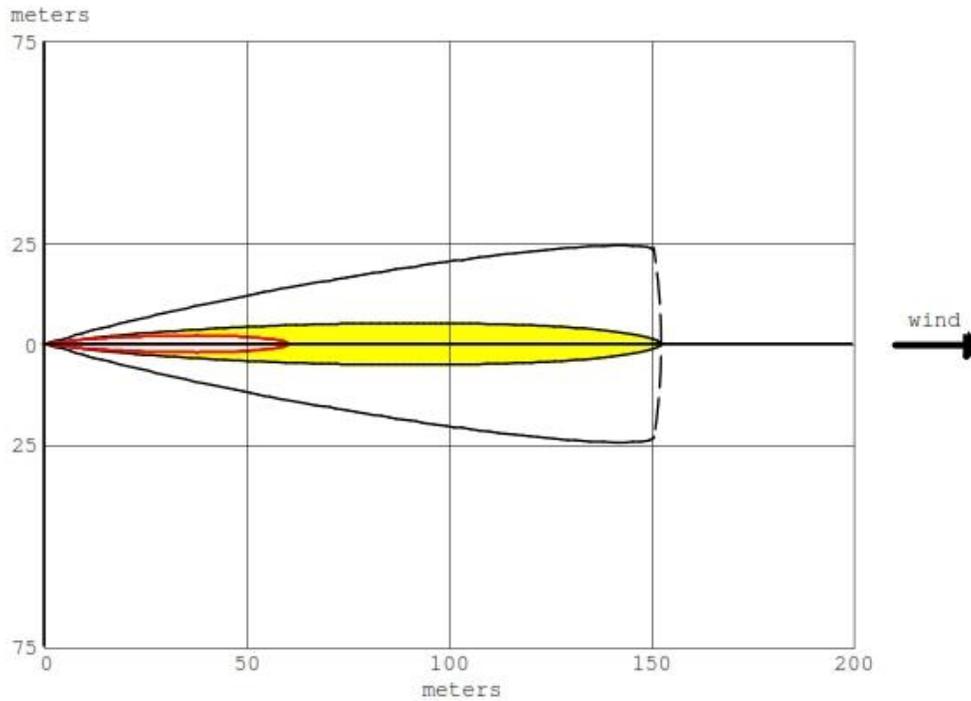


## Flammable Threat Zone

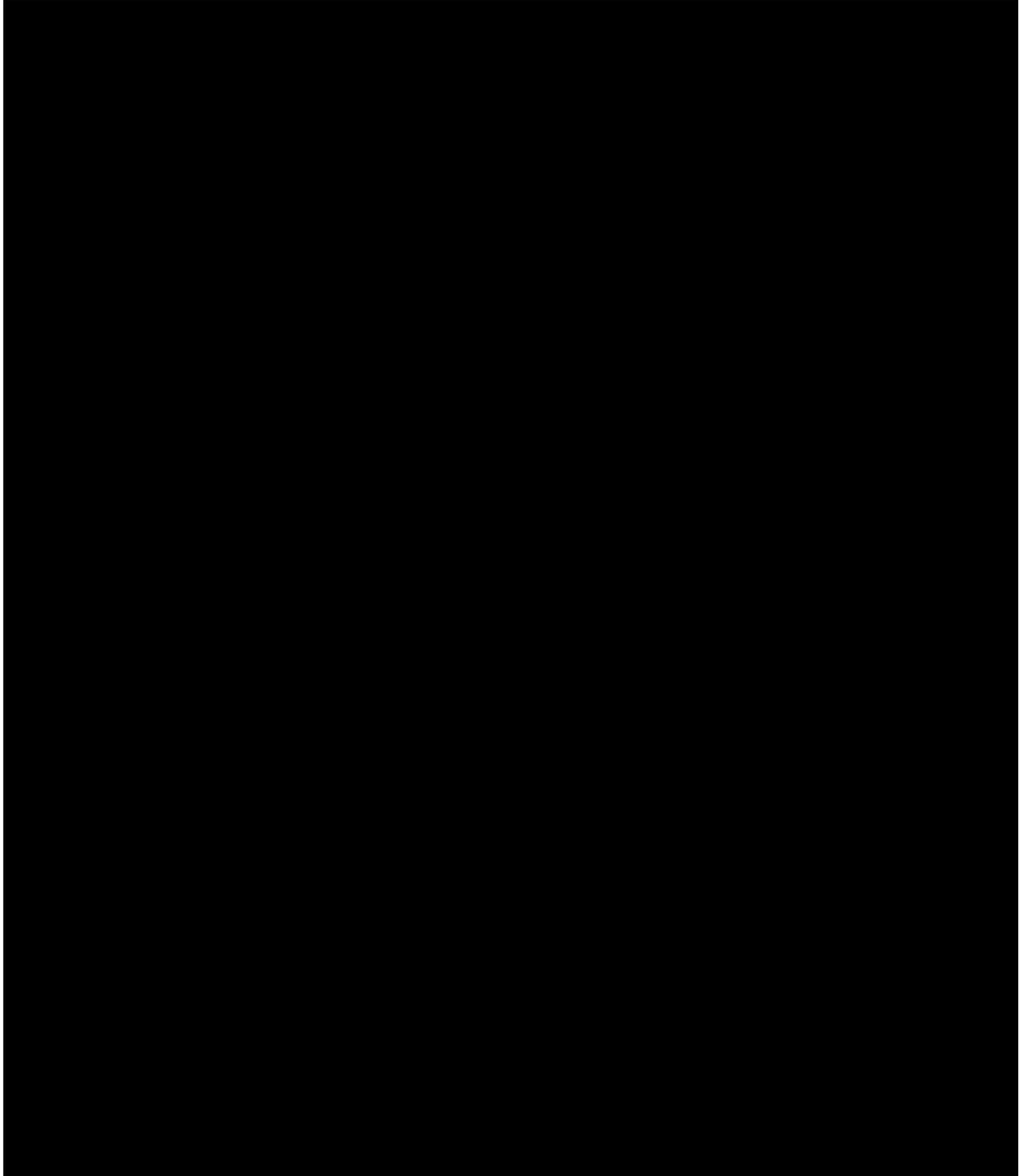
ALOHA® 5.4.6



Time: March 16, 2017 2211 hours ST (using computer's clock)  
 Chemical Name: METHANE  
 Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters  
 THREAT ZONE:  
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud  
 Model Run: Gaussian  
 Red : 60 meters --- (30000 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)  
 Yellow: 152 meters --- (5000 ppm = 10% LEL)



- greater than 30000 ppm (60% LEL = Flame Pockets)
- greater than 5000 ppm (10% LEL)
- wind direction confidence lines



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

## 9.8.8. Escenario de Jet Fire en la línea de conducción

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de quemado máximo promedio	267 kg/min
Cantidad liberada	8,307 Kg
Distancia máxima de flama	8 metros
Distancia de radiación de 10 Kw/m <sup>2</sup>	13 metros
Distancia de radiación de 5.0 Kw/m <sup>2</sup>	19 metros
Distancia de radiación de 2.0 Kw/m <sup>2</sup>	29 metros

### Text Summary

ALOHA® 5.4.6 

```

SITE DATA:
Location: TLAJOMULCO DE ZUÑIGA, JALISCO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: METHANE
CAS Number: 74-82-8
PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
LEL: 50000 ppm UEL: 150000 ppm
Molecular Weight: 16.04 g/mol
Ambient Boiling Point: -162.2° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters
Ground Roughness: open country
Air Temperature: 20° F
No Inversion Height
Cloud Cover: 5 tenths
Stability Class: D
Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
Flammable gas is burning as it escapes from pipe
Pipe Diameter: 4 inches
Pipe Length: 50 meters
Unbroken end of the pipe is connected to an infinite source
Pipe Roughness: smooth
Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 58 psia
Pipe Temperature: 20° F
Max Flame Length: 8 meters
Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Burn Rate: 267 kilograms/min
Total Amount Burned: 8,307 kilograms

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
Red : 13 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 19 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 29 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

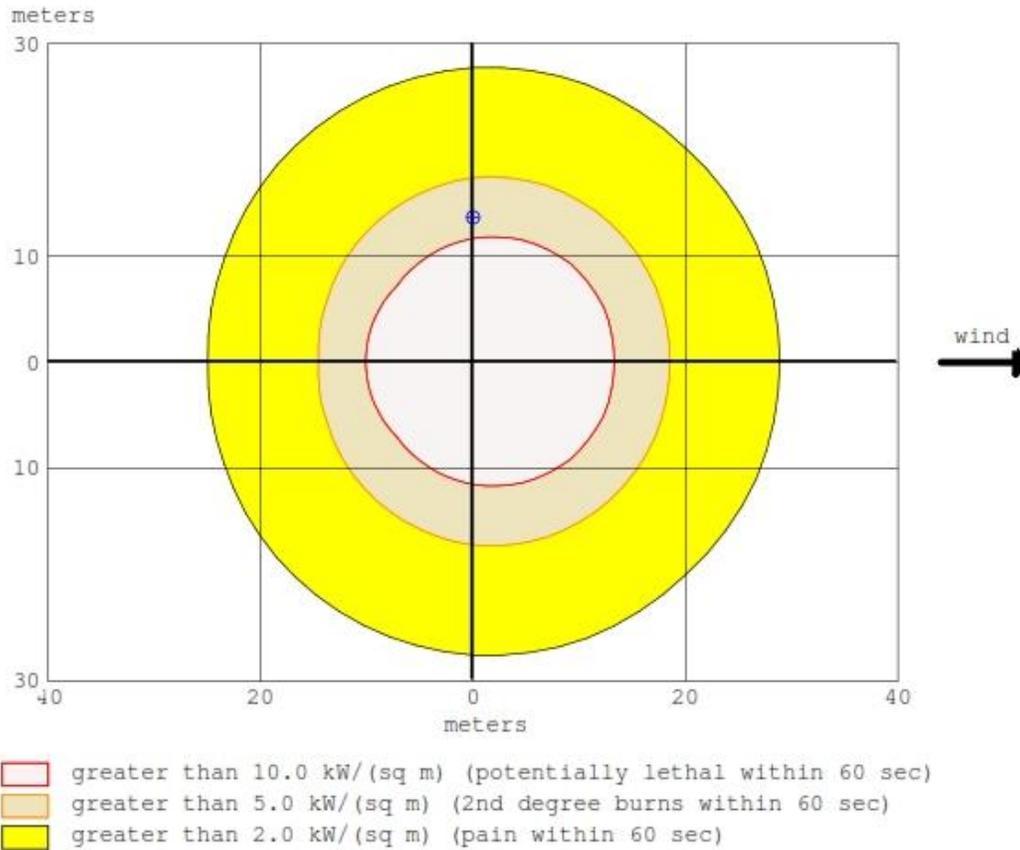
THREAT AT POINT:
Thermal Radiation Estimates at the point:
Downwind: 0 yards Off Centerline: 15 yards
Max Thermal Radiation: 7.54 kW/(sq m)

```

## Thermal Radiation Threat Zone

ALOHA<sup>®</sup> 5.4.6 

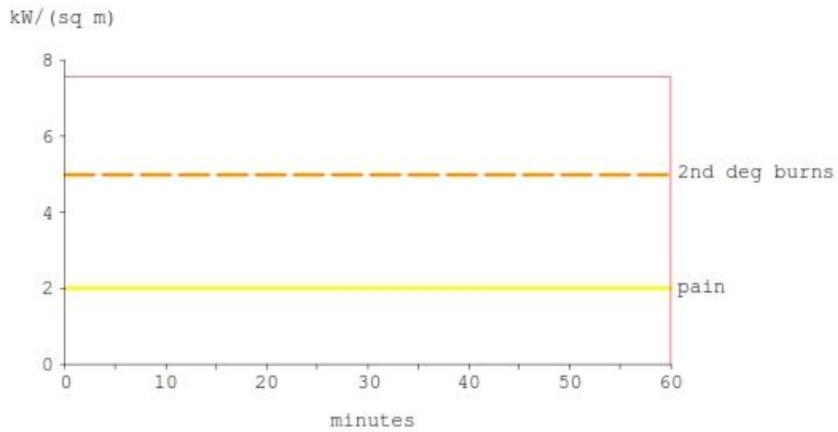
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (user specified)  
 Chemical Name: METHANE  
 Wind: 8.9 miles/hour from s at 3 meters  
 THREAT ZONE:  
 Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire  
 Red : 13 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)  
 Orange: 19 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)  
 Yellow: 29 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)



**Thermal Radiation at Point**

ALOHA® 5.4.6 

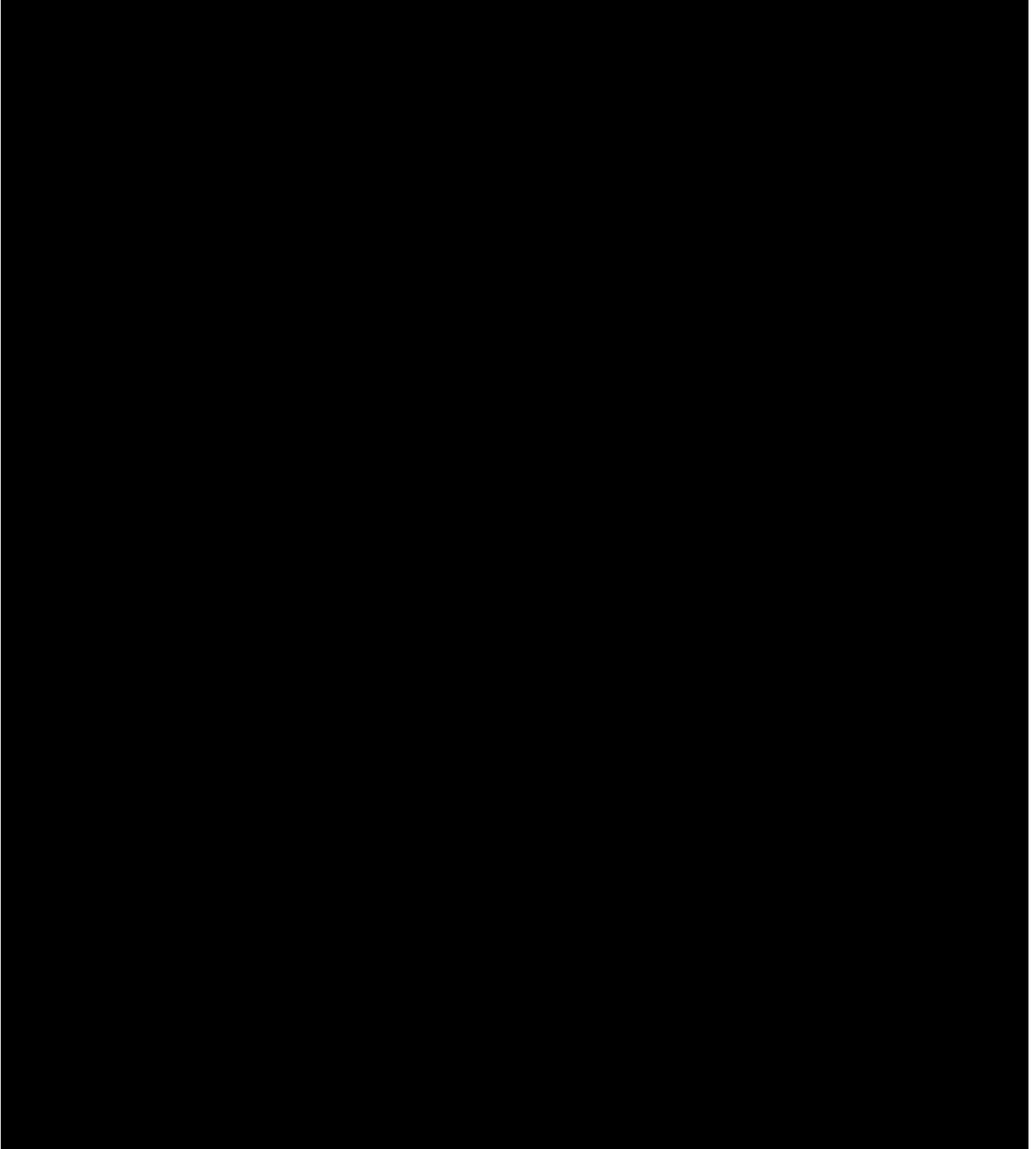
Time: March 16, 2017 2211 hours ST (user specified)  
 Chemical Name: METHANE  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.98 (unsheltered single storied)  
 THREAT AT POINT:  
 Model Run: No Model Given  
 Thermal Radiation Estimates at the point:  
 Downwind: 0 yards Off Centerline: 15 yards  
 Max Thermal Radiation: 7.54 kW/(sq m)



At Point: Downwind: 0 yards Off Centerline: 15 yards

---

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



## 9.9. Afectaciones sobre el entorno

Como se puede observar los radios críticos de riesgos se encuentra en un área de hasta 152 metros del proyecto debido a un evento de nube explosiva presentaría una afectación fuera de los límites de la propiedad en las zonas al nororiente del predio.

También se debe considerar que la duración de estas modelaciones esta consideradas para que sean con duración de una hora, siendo que las válvulas de seguridad de presión actual en aproximadamente dos segundos con lo que se cortaría el flujo de la salida del gas natural y solo habría de considerarse el contenido de la tubería en el momento de la fuga.

La hoja de seguridad indica que por ser un gas mucho más ligero que el aire, las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas; además de que presenta ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

Además, el gas natural es un asfixiante simple, que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno.

Las posibles afectaciones al medio ambiente por los eventos antes mencionados son listadas en las siguientes tablas

**Posibles afectaciones al ambiente por fuga de gas natural**

MEDIO	POSIBLE AFECTACIÓN
Suelo	En caso de fuga gas natural no se presentaría riesgo de contaminación al suelo y subsuelo.
Aire	En caso de una fuga gas natural, por tratarse de un gas más ligero que el aire, éste se disiparía rápidamente en la atmósfera, pero no es un producto dañino al medio ambiente. Si se llegara presentar un incendio del mismo se formarían gases de combustión tales como monóxido y dióxido de carbono.
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua.
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas al área del proyecto, ya que esté se localiza dentro de la mancha urbana
Flora	No aplica ya que el gas natural no causa afectación a la flora.
Fauna	El principal efecto sería la asfixia simple, esto si los especímenes se localizaran en un área de poca ventilación y permanecieran en el lugar el tiempo suficiente antes de que el viento disipe la nube de gas.

## Estación de Descompresión de Gas Natural

### Posibles afectaciones al ambiente por explosión del gas natural

MEDIO	POSIBLE AFECTACIÓN
Suelo	Posible daño por degradación de suelo temporal sin embargo es importante destacar que en esta zona no tiene aprovechamiento agrícola ni forestal.
Aire	Debido a una explosión de gas natural, la afectación al aire estará más relacionada a la combustión del gas durante la misma.
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua debido a un evento de este tipo
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas
Flora	No se espera que haya afectación importante debido a la onda expansiva de la explosión, ya que no se alcanzan sobrepresiones que puedan causar algún derrumbe de los árboles presentes en el límite este del predio.
Fauna	A las especies que se puedan encontrar dentro del radio de afectación sobre todo aves y mamíferos, pueden presentar afectaciones como golpe o aturdimiento debido a la sobrepresión causada durante la explosión.

### Posibles afectaciones al ambiente por incendio de gas natural

MEDIO	POSIBLE AFECTACIÓN
Suelo	Posible daño por degradación de suelo temporal, aunque el suelo ya se encuentra afectado por la pavimentación y las construcciones presentes.
Aire	Incremento en la concentración de contaminantes atmosféricos tales como CO <sub>2</sub> y CO durante la duración del incendio.
Cuerpos de agua	No considera posible la afectación a cuerpos de agua
Áreas naturales protegidas	No existen áreas naturales protegidas cercanas
Flora	Se puede presentar la afectación del pasto, algunas especies arbustivas y árboles presentes en el área, las cuales, dependiendo de la intensidad y duración del fuego será el grado de afectación.
Fauna	Sólo se espera que se presente afectaciones a especies de aves que sobrevuelen el área afectada, ya que no se tiene presencia de otras especies en el área del proyecto.

## Posibles afectaciones a asentamientos humanos

	POSIBLE AFECTACIÓN
	<p><b>Toxicidad, Explosión y Radiación Térmica</b></p> <p>Los efectos por exposición a concentraciones elevadas de gas natural incluyen asfixia y mareos.</p> <p>Tanto la Administración de Seguridad Ocupacional y Salud (OSHA) y el Instituto Nacional para la Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) han fijado el límite legal de exposición en áreas de trabajo en <b>1000 ppm</b> durante una jornada de 8 hrs; y a valores de <b>5000 ppm</b>, correspondiente al 10% del límite inferior de explosividad, el gas natural se considera inmediatamente peligroso para la vida y salud, esto principalmente debido a consideraciones de seguridad por el riesgo de explosión.</p> <p><b>Fuente:</b> "CDC - NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards" <a href="http://www.cdc.gov">www.cdc.gov</a></p> <p>A valores de <b>1 psi</b> la consecuencia es la demolición parcial de casas que quedan inhabitables sin embargo no hay zonas habitacionales cerca de la zona.</p> <p>Entre los efectos posibles a las personas que se encuentren dentro de estos radios está la aturdimiento, acufenos o daños auditivos.</p> <p>El valor límite para la zona de riesgo se establece en <b>5 KW/m<sup>2</sup></b>, ya que es el valor máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado con un tiempo máximo de 3 minutos; por otro lado, el valor para la zona de amortiguamiento se fijó en <b>1.4 KW/m<sup>2</sup></b>, el cual es un valor soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.</p> <p><b>Fuente:</b> CASAL J., MONTIEL H., PLANAS E. y VILCHEZ J.A., Análisis del Riesgo en instalaciones industriales; Ediciones UPC, 1999</p>
<b>Fuga de nube Toxica</b>	<p>Cabe señalar que este evento sólo indica el área en la cual existe riesgo de toxicidad por el gas natural por un tiempo muy corto debido a que la nube no es estática, ya que se desplaza de acuerdo a la dirección y velocidad del viento, y que se considera que las personas se encuentran al exterior de los edificios, ya que si se encuentran en interior y/o en bodegas abiertas en dirección opuesta al flujo del viento, la concentración es mucho menor, incluso por debajo de los límites.</p>
<b>Fuga de Nube Flamable</b>	<p>El radio de la zona de riesgo alcanza áreas de bodegas hacia el norte del predio.</p> <p>Cabe recalcar que estos radios fueron estimados con la concentración al exterior del gas natural, siendo la concentración al interior drásticamente menor, por debajo del IDLH además de que la nube formada depende directamente de la dirección y velocidad del viento.</p>

	POSIBLE AFECTACIÓN
<b>Sobrepresión</b>	<p>El radio de la zona de riesgo es de 51 m, el cual alcanza áreas de las bodegas aledañas al predio hacia el oriente del predio</p> <p>En este evento la fuga dura solo un minuto y el tiempo en que la nube tiene concentración por encima del valor del índice letal es aproximadamente 3 minutos debido a la dispersión de gases.</p>

## 10. Medidas preventivas.

### 10.1. Medidas preventivas destinadas a evitar la pérdida de vidas humanas, los daños a los bienes y el deterioro del ambiente y las orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de incidente.

#### 10.1.1. Seguridad en las instalaciones.

La seguridad en el diseño, construcción, operación y el mantenimiento de las instalaciones de la Estación de Gas Natural cumplirá con las NOM's (Normas Oficiales Mexicanas) aplicables al proyecto.

Adicionalmente, durante la construcción y operación se observarán las Guías de Seguridad y Salud del Banco Mundial. En el diseño y la distribución del equipo se prestará especial atención para facilitar el acceso al mismo durante la operación y mantenimiento.

Se proporcionarán sistemas de control como válvulas automáticas y manuales para proteger el sistema en caso de sobrepresión, así como válvulas de gas con interruptor de vacío para el envío de gas a los tanques y así compensar cualquier baja de presión. Como equipo de seguridad final para cambios de alta y baja presión.

En caso de sobre-presión en el sistema de alivio, se instalará una válvula de control automático para liberar el exceso de presión para controlar esta condición anormal de operación.

Dentro de los procesos de minimización de accidentes se establecen las acciones siguientes:

**Mantener una Operación Eficiente:** Esto incluye operar válvulas de regulación y equipos de medición en forma práctica y eficiente. Las fuentes de información comunes en el proceso de retroalimentación son: libros de referencia de los equipos, programas de planificación de mantenimiento del sistema, solicitudes de cambios en el flujo de gas.

**Inspección de las Instalaciones:** Esta área de proceso la inspección a instalaciones según se requiera, para una vigilancia adecuada para el mantenimiento oportuno, especial

atención en válvulas y sensores.

Dentro de los Sistemas de Seguridad con que se contara en la estación de Gas Natural serán los siguientes:

**Válvulas de seccionamiento:** Una válvula de seccionamiento tipo bola de 4 pulgadas ubicada en el punto de interconexión.

**Válvulas de corte:** Una válvula de corte por fuga y una válvula de alivio operada por resorte tipo convencional en el sistema de descompresión.

**Pruebas.** Se deben realizar pruebas y ensayos periódicos en la estación de Gas Natural, así como prueba hidrostática anual a las mangueras de los surtidores a una presión de una y media (1.5) veces la presión máxima de trabajo, verificando que no existan escapes u otras señales de fallas.

La unidad de descompresión por tratarse de unidades modulares ya cuenta con sistemas de seguridad integrados, tales como válvulas de seguridad, corte o seccionamiento, reguladores de presión, así como detector de fugas, además que por tratarse de un equipo propiedad del distribuidor, donde la empresa distribuidora controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros, así como los mantenimientos al mismo

Calibración y control de las válvulas de alivio de presión, de exceso de flujo y demás accesorios de seguridad. En el caso de las válvulas de alivio se debe colocar una placa indicando la fecha de verificación y calibración.

Existen botones de paro de emergencia, en los titanés y en las unidades de descompresión, los cuales al ser activados, cortan la energía eléctrica totalmente los sistemas cierran válvulas de succión y descarga de secadores, compresores y panel de prioridades.

Seguido de lo anterior la activación de una alarma sonora/luminosa indica una situación anormal de operación. Requiriendo para su reinicio de operación el reconocimiento de la alarma y la corrección del evento que origino el paro de los equipos.

Como medio de atención a emergencias se tendrán extintores de polvo químico seco y de CO<sub>2</sub>, así como una salida del sistema fijo contra incendio a un costado del área de ingreso al "EDGN PiSA". Se contará además con un sistema de alarma tipo sonora claramente audible con apoyo visual de confirmación, ambos elementos operan con corriente eléctrica C.A. de 127 voltios, misma que se activará al accionar las botoneras de alarma.

La estación contara con un sistema de procedimientos que proporcione las condiciones de seguridad necesaria.

Además, a continuación, se indican algunas medidas de seguridad y de operación para abatir el riesgo, en caso de fuga de gas a lo largo de la tubería de conexión:

- 1) Manual de operación del equipo.
- 2) Programas anuales de Mantenimiento Preventivo a todo el sistema.
- 3) Revisión periódica del estado del entorno de la estación
- 4) Inspección de la protección mecánica y catódica.
- 5) Inspección de las uniones de los tramos que componen de la tubería en general.
- 6) Revisión de los señalamientos, el tipo de producto manejado y los teléfonos para comunicarse en caso de presentarse una situación de emergencia.
- 7) Programas de capacitación y/o actualización al personal de operación y mantenimiento del sistema.

### 10.2. Medidas preventivas.

La “EDGN PiSA”, contará con los procedimientos necesarios para dar respuesta a cualquier emergencia, así como con un programa de mantenimiento cuyo objetivo será el de mantener la integridad física de los empleados, área de influencia y de los propios bienes:

- El riesgo de falla que ponga en riesgo al personal, medio ambiente, población vecina o bienes del proyecto esté al nivel más bajo posible.
- Cumplir con la legislación local, las normas Mexicanas, los requerimientos corporativos e internacionales.
- Detección de fugas mediante la revisión detallada de la instalación de una manera sistemática.
- Antes de proceder a soldar o cortar la tubería, se debe de proceder a cerrar todas las válvulas de suministro, purgar la línea y ventilar el área de trabajo.
- El proyecto contempla establecer una serie de controles para maximizar los niveles de seguridad en la operación.
- Se contempla el adecuado seccionamiento de la línea de conducción de gas por la operación automatizada y manual de las válvulas de bloqueo presentes y por el mantenimiento de la integridad de los componentes de la tubería, por medio de sistemas como protección catódica y mecánica, lo que permitirá establecer un proyecto diseñado de una manera adecuada y con los sistemas de control de calidad que permitan tener una operación de la estación de gas segura, con los riesgos controlados y los mecanismos para hacer frente a emergencias en forma pronta y oportuna.

### 10.3. Desarrollo de procedimientos de respuesta a emergencias.

Para el procedimiento de respuesta en caso de una emergencia en la estación de Gas Natural, la comunicación es el punto clave y básico para responder pronta y oportunamente.

#### **EVENTOS NATURALES.**

Un evento de riesgo natural es aquel que ocurre sin predicción, entre los que podemos citar

y que pueden provocar incidentes a las instalaciones de la “EDGN PiSA” son las siguientes:

- Sismos
- Trombas y Tormentas eléctricas.

Para minimizar estos riesgos, las instalaciones y construcciones se apegarán a las normas de seguridad y construcciones.

No obstante, las medidas de seguridad en la construcción, si llegara a ocurrir alguno de los eventos antes mencionados, se debe de seguir el procedimiento de emergencia que se presenta a continuación.

### **SISMO.**

Los sismos no pueden predecirse con exactitud, no se sabe a ciencia cierta donde y cuando ocurrirá un sismo, pero si se pueden realizar acciones o actividades que ayuden a evitar que un sismo impacte de manera importante.

#### **Antes.**

- Evaluar la calidad de la edificación, con el fin de tomar medidas para reforzarlo en caso de ser necesario.
- Asegúrese de conocer si la edificación se construyó tomando en consideraciones la resistencia ante un sismo de magnitud importante.
- Tener bien identificados los sitios más seguros de las instalaciones.
- Planear y colocar equipos electrónicos, gravitatorios, de péndulo, etc, que nos indiquen el inicio de un sismo y proceder a salvaguardar vidas y bienes.
- Desarrollar planes de simulacros de cómo actuar ante un sismo.
- Establecer procedimientos de evacuación segura y ordenada
- Mantener siempre actualizado el directorio telefónico de las unidades de emergencia locales.
- Tener siempre en disposición para casos de emergencia, botiquín de primeros auxilios.

#### **Durante.**

Si se percata de un temblor de tierra haga lo siguiente:

- Mantenga la calma.
- Aléjese de puertas de cristal, ventanas, muros y protéjase en un sitio seguro (repliegue)
- Apagar cualquier fuente de ignición.
- Diríjase con calma al punto de reunión establecido.
- Si se encuentra dentro de un vehículo, accionar freno de emergencia, retirarse del vehículo, con calma y tranquilidad, reúnanse en punto de reunión.
- Si se encuentra dentro del edificio, retírese de lámparas o muebles que puedan

caerse o desprenderse, retírese de escaleras y no se refugie debajo de ellas, colóquese junto a una columna, marco de una puerta (repliegue)

- Al terminar el sismo, si es necesario diríjase a la salida más cercana en forma serena por la ruta de evacuación.
- El personal que conforma la unidad interna de protección civil apoyara a orientar al punto de reunión que está libre de obstáculos y de peligros.
- Permanezca alejado de las áreas de peligro y esté preparado para más replicas.

### **Después.**

- Terminado el sismo, atender incendios, si los hubiese,
- Revise todas las instalaciones si hay fugas trate de cerrar válvulas de servicio
- Si percibe olor a gas, desconecte la energía eléctrica en el control más alejado del área.
- Evalúe los daños que pudieran presentarse en la construcción y determinar si su permanencia en la misma es segura o no
- Estar al tanto de lo que indique la autoridad de la localidad.
- Hacer informe en Bitácora de lo sucedido en el sismo, las deficiencias del Plan de Acciones de Emergencia, e implementar mejoras de la misma.
- Notificar Copia del Informe a Protección Civil Municipal y del Estado.

## **TROMBAS Y TORMENTAS ELÉCTRICAS.**

### **Antes**

- Tenga bien identificados lugares de reunión, teléfonos de emergencia.
- Mantenga en las instalaciones linterna y pilas adicionales
- Mantenimiento preventivo y revisión del pararrayos para evitar la afectación por caída de rayos en las instalaciones.
- Realice trabajos permanentes de limpieza y mantenimiento de rejillas, bajantes y drenajes.
- Mantenga siempre completo el botiquín de primeros auxilios.
- Mantener directorio telefónico de las autoridades de apoyo de la localidad y del municipio.

### **Durante**

- Mantenerse alerta y en comunicación con radio de la localidad, sobre el aumento repentino del nivel del agua en la zona.
- Estar atento a las indicaciones de las autoridades de protección civil municipal.
- Estar alerta con la energía eléctrica durante la tormenta.
- Aléjese de postes con tendido eléctrico, que puedan caerse o caídos durante la tormenta
- No salga ni maneje por los alrededores para "ver cómo están las cosas"
- Permanezca dentro de las oficinas.

## Después

- Siga al tanto de los medios de comunicación locales para obtener actualizaciones de la información.
- Revise todas las instalaciones, y descarte cualquier daño.
- Revise todas las instalaciones eléctricas y repare cualquier daño.
- Si se presentan personas heridas solicite la ayuda médica a los sistemas de emergencia locales.
- Realizar cuidadosamente una inspección minuciosa de las instalaciones de la estación de servicio.
- No activar la energía eléctrica, hasta no estar seguro de que no se corre riesgo en las instalaciones
- Usar el teléfono solo en caso de ser una emergencia.
- Mantenerse informado y acatar cualquier recomendación de las autoridades de emergencia o protección civil Municipal.

## EVENTOS OPERACIONALES

Un evento operacional es aquel que ocurre derivado de la actividad productiva que se desarrolló o de los materiales manejados en este caso de la Estación de descompresión de Gas Natural solo se maneja el Gas Natural por lo tanto solo se describe la fuga del gas.

## FUGAS DE GAS

**Fugas grandes:** proceda de la manera siguiente

- No trates de encontrar el origen de la fuga de gas natural.
- Trate de cerrar las válvulas de emergencia.
- No utilice ningún dispositivo eléctrico o mecánico (incluyendo teléfonos o computadoras).
- No encienda ningún vehículo.
- Resguarde la zona afectada.
- De aviso de inmediato a la dependencia de protección Civil y Bomberos Municipal y Estatal
- Avisar a la autoridad de la empresa.
- En caso de que se presente un incendio, no intente apagar el incendio, excepto que se trate de un fuego intrascendente, o sepa donde se encuentra la válvula de corte. La zona afectada debe evacuarse y mantenerse fuera del radio de seguridad, a la espera de la llegada de Bomberos.
- No permita que personas y/o vehículos que no sean calificados, ingresen a la zona de riesgo.
- No fumar ni permitir hacerlo.
- El radio de la zona de seguridad (distancia al punto donde escapa o existe un incendio) debe ser de 100 metros.
- Mantenerse siempre dándole la espalda a la dirección del viento.
- Si hubiese personas afectadas por el gas y llevarla donde exista aire fresco no

- contaminado.
- Si no respira o tiene dificultades para hacerlo, aplicar respiración artificial u oxígeno si hubiera este equipo. De no poder emplearse ninguna de las dos opciones, solicitar inmediatamente los servicios médicos Municipales.
  - Si hay quemaduras por gas, aplique agua fría, o hielo en la parte afectada, lo que además calma el dolor. De poder hacerlo introduzca la parte quemada en un recipiente con agua fría o con hielo, y manténgalo así hasta obtener ayuda médica.
  - En caso de contacto con gas natural con los ojos, lavar con bastante agua potable, levantando los párpados continuamente. No utilizar agua caliente, pedir ayuda médica.
  - Mantenga a la persona quieta y abrigada, para evitar estado de shock mientras llegan los servicios médicos Municipales.

## **RECOMENDACIONES TÉCNICO OPERATIVAS**

Las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la metodología empleada se presentan a continuación:

### **Recomendaciones del manejo de gas natural**

1. Mantener comunicación periódica con GN Energéticos para realizar los ajustes operacionales.
2. Elaborar el Programa de Mantenimiento Preventivo general de la “EDGN PiSA”.
3. Elaborar el Programa de Atención de Emergencias.
4. Elaborar el Programa de Protección Civil.
5. Elaborar el Programa para la Prevención de Accidentes.
6. Elaborar los procedimientos operativos
7. Capacitar al personal sobre los procedimientos operativos.
8. Solicitar el certificado de materiales de la tubería al fabricante.
9. Elaborar el procedimiento de seguridad de trabajos peligrosos
10. Elaborar el programa y procedimientos de paro de emergencia

### **Sistemas de seguridad**

El sistema de protección contra incendio seguirá los lineamientos del estándar NFPA, así como de estándares nacionales e internacionales.

El proyecto considera el siguiente equipamiento:

- Paro de emergencia general
- Control de presión.
- Control de Temperatura.
- Sistema de instrumentación y control de equipos.

### **Medidas de seguridad**

#### **Programa de mantenimiento**

- Mantenimiento Mecánico
- Mantenimiento Eléctrico
- Mantenimiento Civil
- Mantenimiento de Instrumentación y Control.

El **programa general de prevención de fuga accidental** se basa en los elementos claves siguientes:

- Entrenamiento de los operadores.
- Programa de Mantenimiento Preventivo.
- Uso del equipo apropiado de proceso y de seguridad.
- Uso de los procedimientos de funcionamiento exactos y eficaces, escrito con la participación de los operadores y personal especializado.
- Revisión de la seguridad del Pre-Arranque de equipos y de los procedimientos antes de la operación de los equipos.
- Programa mensual de la inspección.

Contar con un **plan de emergencia** para hacer frente a derrames importantes de sustancias químicas inflamables y/o tóxicas que incluya:

- Dar alarma
- Investigar la fuente y magnitud.
- Alertar a todo el personal y población potencialmente afectable
- Alertar a los servicios de emergencia
- Establecer centros de control de emergencias
- Métodos de lucha contra fugas de gas natural.
- Sistemas de búsqueda y rescate de personas
- Criterios para determinar la evacuación del personal en planta y población en riesgo.
- Centro de control de emergencias.
- Contar con un centro de control de la emergencia desde el sitio menos afectado.
- Cada centro debe contar con línea telefónica externa independiente, así como sistema de comunicación interno.
- Cada centro debe contar con equipo de emergencia adecuado.
- Contar con servicios de emergencia que incluya suministro de oxígeno, atención de lesiones.
- Contar con un mapa en gran escala para determinar las zonas afectables.
- En cada centro de control deberá colocarse un dispositivo para indicar la velocidad y dirección del viento.

### 10.4. Resumen del análisis de riesgos

El presente estudio de riesgo está realizado de acuerdo a lo establecido en el proyecto, de lo cual podemos concluir lo siguiente:

Aspecto	Evaluación
El proyecto se encuentra dentro una zona señalada por el plan de desarrollo urbano para uso compatible con la actividad del proyecto	Si, se cuenta con dictamen favorable de uso de suelo.
El lugar es susceptible de inundación, hundimiento o algún daño por catástrofe natural.	No es susceptible a inundaciones, sin embargo, si se puede presentar lluvias torrenciales la precipitación pluvial se canalizará al canal de aguas pluviales cercano.
Se colocarán barreras físicas de protección en la periferia del recinto de los equipos de descompresión.	Sí, estará delimitada mediante barreras físicas.
Existen riesgos por actividad aérea	No
La ubicación permite la dispersión en caso de fuga	Sí. Se ubica en zona libre al oriente y norte de las colindancias del predio por lo que los espacios son amplios.
El diseño de las instalaciones cumple con los criterios de diseño establecidos para este tipo de obra	Si
Existe adecuado acceso al sitio	Si
Existe adecuado control vehicular en la zona	Si
Sistemas de seguridad	La “EDGN PiSA” contará con una serie de dispositivos, incluyendo alarmas, sensores de nivel, paro de emergencia y válvulas de seguridad y sistema de monitoreo y control.
Capacitación	El proyecto incluye la capacitación intensiva y permanente de todo el personal. Se elaborarán los procedimientos escritos para cada una de las operaciones.
Mantenimiento	El proyecto contará con un programa de mantenimiento que garantice la operación dentro de los parámetros óptimos del equipo.

De acuerdo a los resultados de la evaluación de riesgo se determina que:

- La planta constituye una actividad altamente riesgosa por el uso y operación de Gas Natural de acuerdo al listado de actividades altamente riesgosas
- Es importante considerar actividades futuras colindantes con el proyecto a autorizar en un futuro a fin de evitar incompatibilidades y asegurar la zona que permita un mejor desempeño en materia de Protección Civil.
- El proyecto contempla el riesgo por el manejo de sustancias inflamables y tóxicas y lo ha incluido dentro del diseño.
- El proyecto ha tomado las medidas necesarias para abatir considerablemente el riesgo asociado con el manejo de sustancias Inflamables y tóxicas.

## 10.5. Conclusiones

En la Jerarquización de Riesgos se evaluaron 24 desviaciones donde 22 son aceptables con condiciones, 2 son indeseables.

La evaluación de consecuencias se realizó con las desviaciones 1.1.1,1.1.2, 1.2.1, 1.6.1, 2.1.1, 2.2.1, 3.1.1, 3.1.2, 3.2.1, indicadas en el HAZOP.

Los eventos 2 y3 son los más probables. Para esto la planta contará con las medidas de control señaladas con el propósito de minimizar la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado.

El evento 1 es poco probable que suceda debido a los estrictos procedimientos de construcción, mantenimiento, pruebas de integridad mecánica y las estadísticas que se tienen de este tipo de instalaciones.

## 10.6. Hacer un resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental

El desarrollo de “EDGN PiSA”, beneficiará al entorno ya que se aprovechará un terreno baldío eliminando con esto un foco de afectación a la población cercana al predio.

El proyecto contempla instalaciones para la mitigación y control de los siguientes aspectos:

1. Control de emisiones a la atmósfera.
2. Control en la generación de aguas residuales.
3. Control de manejo de sustancias peligrosas para evitar fugas y escape del gas natural.
4. Control de ruido ambiental.
5. Control en la generación de residuos peligrosos y no peligrosos.
6. Control y administración del riesgo ambiental.

En materia de riesgo ambiental, el proyecto presenta el manejo de sustancias inflamables se encuentran por arriba de los valores de referencia establecidos en los listados emitidos por la SEMARNAT.

Derivado de lo anterior, estas actividades se clasifican altamente riesgosas, por lo que se realizó la identificación, jerarquización y simulación de situaciones de riesgos.

El proyecto presenta radios de críticos de riesgos de acuerdo a las simulaciones, estos radios de afectación no afectan a las zonas fuera del predio de la planta.

## **11. Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en el estudio de riesgo ambiental**

---

### **11.1. Formatos de presentación**

Documentos de presentación ante la dependencia.

### **11.2. Anexos**

- Registro del consultor
- Documentación legal del predio
- Documentación legal de la empresa
- Dictamen de uso de suelo
- Planos del proyecto
- Hoja de seguridad
- Licencia de alineamiento y número oficial
- Modelos Aloha
- Especificaciones técnicas de los equipos
- Certificaciones de la instalación
- Denué del área de influencia

### **11.3. Fotografías**

En el Anexo Técnico se presenta un Anexo fotográfico del predio donde se instalará la estación de gas natural, así como de sus colindancias.

---

## 12. BIBLIOGRAFÍA

---

- Atallah, S. Assessing and Managing Industrial Risk. Chemical Engineering. Sep 8, 1980.
- Atlas Nacional de Riesgos Cenapred (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)
- CASAL J., MONTIEL H., PLANAS E. y VILCHEZ J.A., Análisis del Riesgo en instalaciones industriales; Ediciones UPC, 1999.
- Catálogo de sismos del Sistema Sismológico Nacional <http://www2.ssn.unam.mx/>
- CDC - NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards - L.P.G., [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov)
- Estación agroclimática El Cedazo, Aguascalientes. INIFAP (<http://clima.inifap.gob.mx>)
- García M.E., 1988 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Editorial Larrios S.A. México D.F.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
- Manual de evaluación cualitativa y cuantitativa de riesgos. Ingeniería del Medio Ambiente, S.A. de C.V. México, D.F. 1995.
- Manual de Usuarios, USEPA, 1998, <http://nepis.epa.gov/>
- ROMANO, A., PICCININI, N., y G.C. BELLO, Evaluación de las consecuencias de incendios, explosiones y escapes de sustancias tóxicas en plantas industriales. Vol. 17, nº 200, Noviembre 1985
- Santamaría Ramiro, J.M; Braña Aísa, P.A. Análisis y reducción de riesgos en la industria química. Fundación MAPFRE, 1993
- Semarnat, 1er y 2º Listado de Actividades altamente riesgosas
- Sistemas de información de fallas geológicas y grietas SIFAGG, Gobierno del Edo. <http://www.aguascalientes.gob.mx/sop/sifagg/web/mapa.asp>
- Sistema Meteorológico Nacional, CONAGUA, [smn.conagua.gob.mx](http://smn.conagua.gob.mx)
- Ordenamiento ecológico de Tlajomulco de Zúñiga
- Plan de desarrollo municipal de Tlajomulco de Zúñiga

