



ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANÁLISIS DE RIESGO

ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL NACUZARI

Aguascalientes, Ags.



**CONSULTORIA INTEGRAL Y
PROYECTOS AMBIENTALES, S.C.**

Tel / Fax: 01(4) 912-34-23
Aguascalientes, Ags.



insecami
INGENIERIA Y SERVICIOS EN CONTROL
AMBIENTAL INDUSTRIAL S.A. DE C.V.

MARZO 2017

ÍNDICE GENERAL

DATOS GENERALES	1
I. Escenarios de los Riesgos Ambientales relacionados con el proyecto.....	3
I.1. Descripción del Proceso. Bases de Diseño	3
I.1.1. Proyecto Civil	15
I.1.2. Proyecto Mecánico.....	20
I.1.3. Proyecto Sistema Contra Incendios	38
I.2. Descripción Detallada del Proceso.....	39
I.2.1. Hojas de Seguridad.....	43
I.2.2. Almacenamiento	49
I.2.3. Equipos y Procesos Auxiliares	51
I.2.4. Pruebas de Verificación	58
I.3. Condiciones de Operación	60
I.3.1. Especificación del cuarto de control	61
I.3.2. Sistemas de Aislamiento	62
I.4. Análisis y Evaluación de Riesgos.....	64
I.4.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes	64
I.4.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización	66
II. Descripción de las Zonas de Protección en torno a las instalaciones.....	73
II.1. Radios Potenciales de afectación	73
II.2. Interacciones de Riesgo.....	96
II.3. Efectos sobre el Sistema Ambiental.....	107
III. Señalamiento de las Medidas de Seguridad y Preventivas en Materia Ambiental.....	112
III.1. Recomendaciones Técnico-Operativas.....	112
III.1.1. Sistemas de Seguridad	112

III.1.2. Medidas Preventivas	114
IV. Resumen	117
IV.1. Conclusiones del Estudio de Riesgo Ambiental	117
IV.2. Resumen de la Situación General que presenta el proyecto en materia de Riesgo Ambiental	118
IV.3. Informe Técnico	118
V. Identificación de los Instrumentos Metodológicos y Elementos Técnicos que sustentan la información señalada en el estudio de Riesgo Ambiental	119
V.1. Formatos de Presentación	119
V.1.1. Planos de Localización	119
V.1.2. Fotografías	119
V.1.3. Videos	119
V.2. Otros Anexos	119
VI. Bibliografía	120

ÍNDICE DE TABLAS

1. Resumen de Presupuesto de Inversión para el Establecimiento de la Estación de Servicio de Ga Natural Nacozari	2
2. Valores de variables climáticas para Aguascalientes	7
3. Sismos ocurridos con epicentro en el estado de Aguascalientes (2006 – 2016).....	11
4. Usos y Áreas de la Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari.....	14
5. Análisis de caídas de presión por tramos	29
6. Análisis de caídas de presión por tramos, tubería a 6.85 bares	32
7. Extintores de la Estación de Servicio	33
8. Sustancias químicas peligrosas	34
9. Especificaciones del módulo de almacenaje (Cascada)	45
10. Especificaciones de los compresores.....	48
11. Parámetros de operación y diseño de la ERM.....	55
12. Parámetros de operación de la Estación de servicio	55
13. Índice de severidad.....	61
14. Índice de Frecuencia.....	61
15. Matriz de Jerarquización de riesgos.....	62
16. Índice de riesgo.....	62
17. Eventos identificados en el proyecto	63
18. Matriz de Jerarquización de Riesgos	66
19. Niveles de Riesgo	66
20. Resultados de Evento Hipotético 1.1	70
21. Resultados de Evento Hipotético 1.2	73
22. Resultados de Evento Hipotético 1.3	75
23. Resultados de Evento Hipotético 2.1	77
24. Resultados de Evento Hipotético 2.2	79

25. Resultados de Evento Hipotético 2.3	81
26. Resultados de Evento Hipotético 3.1	83
27. Resultados de Evento Hipotético 3.2	86
28. Resultados de Evento Hipotético 3.3	88
29. Radios de afectación de eventos simulados	90
30. Posibles afectaciones al ambiente por fuga de gas natural.....	103
31. Posibles afectaciones al ambiente por explosión del gas natural.....	103
32. Posibles afectaciones al ambiente por incendio de gas natural	104
33. Posibles afectaciones a asentamientos humanos	104

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Imagen Aérea que muestra la ubicación del predio del proyecto de la Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari	4
2. Usos de Suelo en el área de influencia del Proyecto.....	5
3. Distribución de la Vegetación y cuerpos de agua en área de influencia del Proyecto	6
4. Índice de Peligro de Inundación	8
5. Índice de Peligro de bajas temperaturas	9
6. Susceptibilidad de inestabilidad de laderas	10
7. Regionalización Sísmica de la República Mexicana.....	11
8. Ubicación de fallas geológicas	12
9. Planta de Conjunto (Proyecto Arquitectónico) de la Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari	15
10. Fotografías del bardeado actual del predio	16
11. Ejemplo de caseta de Estación de Regulación y Medición (ERM)	18
12. Vista de un Compresor dentro de un recinto.....	21
13. Ejemplo de Cascada Pulmón	22

14. Diagrama de Flujo de operación de la estación de GNV	38
15. Localización de los equipos dentro del arreglo general de la estación	47
16. Clasificación de la atmósfera, según las clases Pasquill	69
17. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 1)	91
18. Concentración de gas a 70m de distancia en dirección al viento (Escenario 1)	92
19. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 1)	93
20. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 1)	94
21. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 2)	95
22. Concentración de gas a 70m de distancia en dirección al viento (Escenario 2)	96
23. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 2)	97
24. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 2)	98
25. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 3)	99
26. Concentración de gas a 80 m de distancia en dirección al viento (Escenario 3)	100
27. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 3)	101
28. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 3)	102

ESTUDIO DE RIESGO MODALIDAD ANALISIS DE RIESGO

DATOS GENERALES

Nombre del Proyecto

Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari

Nombre o razón social del promovente

NATGAS QUERÉTARO, S.A.P.I. DE C.V.

Registro Federal de Contribuyentes de la empresa.

NQU120510QZ7

Nombre y cargo del representante legal

Sr. Juan Josué Hernández Tapia, Gerente

Dirección del Promovente o del Representante Legal.

Domicilio, teléfono y correo electrónico del representante legal, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Actividad productiva principal del establecimiento

Venta de gas natural comprimido para uso vehicular

Inversión estimada

Para el desarrollo del proyecto se estima una inversión total de \$32'018,108.00 pesos

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los conceptos y cifras del presupuesto requerido para cada una de ellos. Es importante mencionar que la suma de dichas cantidades es el Subtotal, el cual no considera el impuesto al valor agregado. Este subtotal es de \$27'601,817.9 pesos.

Tabla 1. Presupuesto de Inversión para el Establecimiento de la Estación NATGAS Nacozari

Concepto General	Presupuesto (\$ MN)
Proyecto, Estudios, Trámites y Dictámenes	1,762,322.20.00
Obra Civil	9,990,787.80.00
Obra Eléctrica, Equipo y Sistematización	4,264,775.00
Obra Mecánica y Equipo	11,019,410.00
Periféricos, Mobiliario, Equipo de Oficina y Servicios	564,522.90
SUBTOTAL	27,601,817.90

Responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental

CONSULTORÍA INTEGRAL Y PROYECTOS AMBIENTALES, S.C.

Registro Federal de Contribuyentes del gestor o promovente.

CIP-991111-635

Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del estudio de riesgo (Indicando Calle, Número)

Domicilio, teléfono y correo electrónico del responsable del estudio, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

Nombres de los responsables técnicos del estudio

Lic. José Antonio Ruteaga Herrera

RFC: [REDACTED]

Cédula Profesional: 3215132

M.C. Lizzette del Carmen Landaverde Velarde

RFC: [REDACTED]

Cédula profesional: 3654745

Registro Federal de Contribuyentes del responsable del estudio, artículo 113 fracción I de la LFTAIP y artículo 116 primer párrafo de la LGTAIP.

I. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON EL PROYECTO

I.1. Descripción del Proceso. Bases de Diseño

El proyecto se trata de la construcción y operación de una Estación Tipo 1, de llenado rápido para gas natural vehicular, que tiene como objetivo la venta y llenado de combustible (gas natural) comprimido a transporte colectivo y público en general, suministrando el combustible directamente a los tanques de los vehículos automotores y sin considerar almacenamiento del mismo dentro de la estación ya que estará conectada a la red de suministro de gas natural existente en la zona del proyecto.

El diseño, especificaciones de construcción y operación se encuentran bajo lo estipulado en la *NOM-010-SECRE-2002* referente a Gas Natural Comprimido para Uso Automotor-Requisitos mínimos de Seguridad para Estaciones de Servicio. En dicha norma se determina una clasificación de los tipos de Estación de acuerdo a las características y elementos de las mismas. Para el caso del presente estudio la Estación de Servicio corresponde a Tipo de Llenado Rápido, las cuales están constituidas por los componentes básicos siguientes: Estación de regulación y medición; Sistema de compresión; Almacenamiento; Surtidor o poste; Sistema de paro de emergencia; Filtro a la entrada y salida del compresor; Sistema de seguridad contra incendio, y Componentes de seguridad de alarma. Los elementos optativos son: Panel prioritario; Panel secuencial; Secador de gas; Sistema de compensación de carga, y Odorizador.

El proyecto se desarrollará en una zona ya totalmente urbanizada, al norte de la Ciudad de Aguascalientes, en un predio localizado sobre la Av. Héroe de Nacozari Norte S/N, Fracc. Las Hadas, el cual tiene las siguientes colindancias:

- Al norte, lote de autos, Av. Héroe de Nacozari, locales comerciales (Frenos del Centro)
- Al poniente, Blvd. a Zacatecas, lote baldío, papelería, taller de bombas.
- Al sur, locales comerciales (venta de artículos de construcción, venta de tejas, centro de servicio LTH, taller mecánico, bodegas, venta de plásticos), calle Talía.
- Al oriente, Av. Héroe de Nacozari, concesionaria camiones Hino, locales comerciales Solinda Tools & Devices, taller automotriz.

En la siguiente figura se muestra la ubicación del proyecto.

Figura 1. Imagen Aérea que muestra la ubicación del predio del proyecto de la Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari

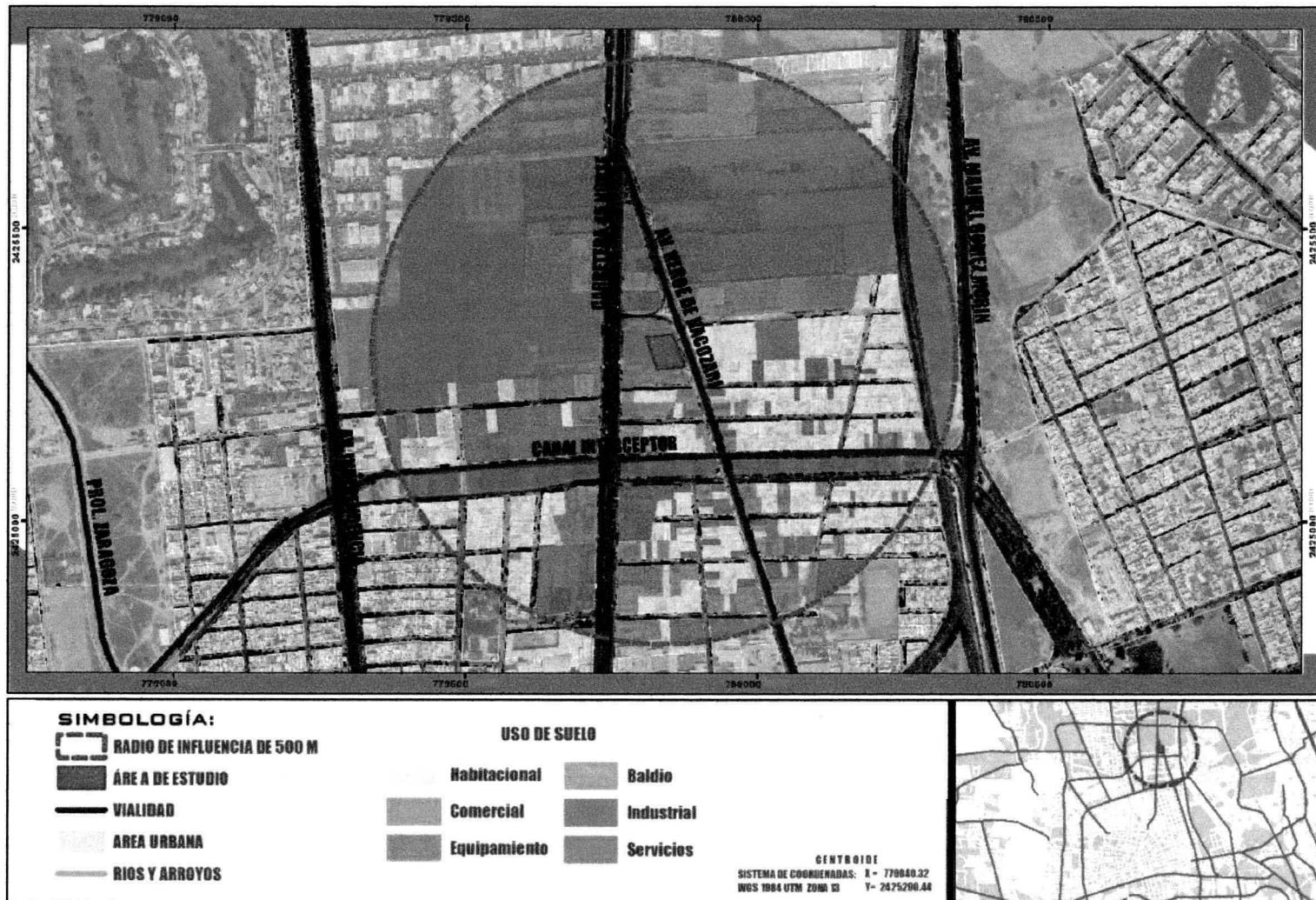


El predio cuenta con un área de 2,761 m², la cual será ocupada en su totalidad por el proyecto, con un uso de suelo actual comercial.

Los usos de suelo en los alrededores son del tipo comercial en las avenidas principales y en el C.C. Agropecuario, tipo industrial al sur del predio en la Fraccionamiento Industrial, y casa habitación en el Fracc. El Plateado, El Roble, Las Hadas y San José del Arenal.

A partir del centro del predio en estudio, se delimitó un radio de influencia de 1 kilómetro para poder hacer un análisis de los usos de suelo, obteniéndose como resultado que la mayoría de los predios localizados en el área de influencia tienen uso de suelo del tipo comercial, industrial y de servicios (Ver **Figura 2**). En la Tabla 2 se indica la distribución de usos de suelo en el área de influencia.

Figura 2. Usos de Suelo en el área de influencia del Proyecto.



Fuente: Documento MIA del Proyecto. DENUE INEGI 2013.

Tabla 2. Distribución de Usos Específicos y Porcentajes dentro del Área de Influencia del proyecto

Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)
Habitacional	142,869.14	18.85
Comercial	303,892.29	40.09
Servicios	15,399.56	2.03
Equipamiento	27,776.99	3.66
Industrial	83,161.61	10.97
Baldíos	184,940.12	24.40
TOTAL	172.8	100

Fuente: DINUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), INEGI 2013

De acuerdo al análisis obtenido la zona de estudio se compone por un alto número de lotes baldíos, a lo cual el presente proyecto de Estación de Servicio de gas natural comprimido vendrá a consolidar y a potencializar la zona como un área comercial y de servicios para la Ciudad de Aguascalientes.

La zona habitacional se compone de distintos fraccionamientos como, Las hadas, Los arcos, El plateado, Industrial y la colonia Morelos, así mismo existe un desarrollo bajo régimen de condominio el cual es el Andrea, la zona se caracteriza por poseer elementos de uso comercial, de lo cual podemos encontrar al norte del predio en estudio, la Central de abastos Agropecuario.

Es importante mencionar que alrededor del predio se tiene presencia de locales comerciales enfocados al servicio industrial, como son refaccionarias, venta de pinturas, azulejos, talleres mecánicos, y predios sin uso alguno.

El uso de suelo presente alrededor de la zona de estudio es área urbana consolidada, por lo que no existen cuerpos de agua cercanos o que se encuentren en el predio, únicamente masa vegetativa como se puede ver a continuación.

Figura 3. Distribución de la Vegetación y cuerpos de agua en área de influencia del Proyecto.



Fuente: Documento MIA del Proyecto. DENUE INEGI 2013

Como se puede observar en la figura anterior, existen ciertas áreas de vegetación, las cuales representan 69.97 hectáreas, de esta cantidad únicamente 6.65 hectáreas están dentro de la zona de influencia. De dicha cantidad, tomando como punto de referencia la ubicación del predio del proyecto, se observa que hay presencia de masa vegetativa al Poniente así como al Noreste, ambas zonas se encuentran prácticamente en los límites de la zona de influencia. Para el caso de la masa vegetativa del lado Poniente se encuentra a una distancia aproximada de 760 metros y corresponde al Club de Golf Pulgas Pandas, la cual por la naturaleza de las actividades que se llevan a cabo ahí, es una vegetación inducida. Por otro lado, la masa vegetativa del lado Noreste se encuentra a una distancia aproximada de 870 metros y corresponde a predios terrenos baldíos ubicados en el cruce de Av. Aguascalientes y Av. Constitución.

Clima

El municipio de Aguascalientes se caracteriza por presentar cuatro diferentes climas, debido a que dentro de los límites del área municipal se presentan en diversas porciones territoriales diferentes unidades climáticas.

Dichas unidades se presentan en la siguiente tabla con el tipo de clima predominante en cada una de ellas.

Tabla 3. Tipo de Clima en el municipio de Aguascalientes

Unidad Climática	Tipo de Clima
BS1hw(w)	Semiseco semicálido
BS1kw(w)	Semiseco templado
C(W0)(w)a	Templado Subhúmedo (con lluvias en verano de menor humedad)
C(W1)(w)a	Templado Subhúmedo (con lluvias en verano de humedad media)

El área del proyecto se localiza dentro de la unidad climática BS1 kw(w) por lo que presenta un clima considerado como semiseco templado. Las condiciones climáticas que se desarrollan bajo el régimen de este clima por lo general se caracterizan por que su porcentaje de lluvia invernal (ocurrida en los meses de enero, febrero y marzo) varía entre 5 y 10.2 mm, su temperatura media anual muestra un rango de 14.0° a 18.0°C y la temperatura media del mes más frío va de -3.0° a 18.0°C, mientras que la del mes más caliente es mayor que este último valor. La precipitación total anual varía entre 400 y 700 mm, siendo los meses de julio y agosto donde se presenta la mayor precipitación, con valores entre 90 y 150 mm; y en febrero y marzo la menor precipitación (menos de 10 mm). La temporada más cálida se presenta en los meses de mayo y junio, con temperaturas medias entre 20.0°C y 23.0°C; mientras que la más fría ocurre en diciembre y enero, con valores entre 12.0°C y 14.0°C.

Específicamente para la zona donde se localiza el proyecto se obtuvieron los valores de las diferentes variables climáticas, promediándolos a partir de los datos históricos de la estación El Cedazo del Inifap, la cual es la más cercana al área del proyecto, para lo cual se tomaron los valores de los últimos 10 años. En la siguiente tabla se presentan dichos valores.

Tabla 4. Valores de variables climáticas para Aguascalientes.

Año	Prec.	T. Máx.	T. Mín.	T. Med	VV	DV	HR
2006	550	25.12	11.88	18.41	4.43	203.96 (SO)	47.72
2007	609.4	25.18	11.55	18.33	3.83	257.24 (O)	47.43
2008	624.8	25.12	10.95	17.99	3.7	209.19 (SO)	45.12
2009	451.8	25.86	11.78	18.75	2.68	324.11 (NO)	45.3
2010	540	25.09	11.03	18	2.54	59.31 (NE)	43.81
2011	319.8	26.56	11.67	19.25	4.34	183.75 (S)	38.5
2012	501	25.63	11.93	18.76	3.29	328.75 (NO)	44.73
2013	607.8	25.3	12.12	18.57	2.74	257.39 (O)	49.48
2014	532.2	25.34	11.83	18.45	2.65	240.44 (SO)	51.64
2015	721.8	25.2	12.67	18.59	2.32	205.87 (SO)	57.05
Promedio	545.86	25.44	11.741	18.51	3.252	241.3 (SO)	47.08

Fuente: Estación agroclimática El Cedazo, Aguascalientes. INIFAP (<http://clima.inifap.gob.mx>)

Donde:

- Prec.: Precipitación total (mm)
T. Max.: Temperatura máxima (°C)
T. Min.: Temperatura mínima (°C)
T. Med.: Temperatura media (°C)
VV: Velocidad promedio del viento (km/hr)
DV: Dirección promedio del viento (grados azimut)
HR: Humedad relativa (%)

Inundación

De acuerdo a la información de precipitación normal y a los indicadores del Atlas Nacional de Riesgos de Cenapred, en la zona se tiene un índice de peligro medio de inundación, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4. Índice de Peligro de Inundación



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos Cenapred (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Heladas

Por las características de las instalaciones y del tipo de sustancia (GNV), es importante determinar si se presenta peligro de heladas ya que estas pueden representar un riesgo de fractura de tuberías, y por consiguiente de fuga de gas natural. De acuerdo a los indicadores del Atlas Nacional de Riesgos de Cenapred, en la zona se tiene un índice de peligro bajo de bajas temperaturas de acuerdo a lo mostrado en la figura siguiente.

Figura 5. Índice de Peligro de bajas temperaturas



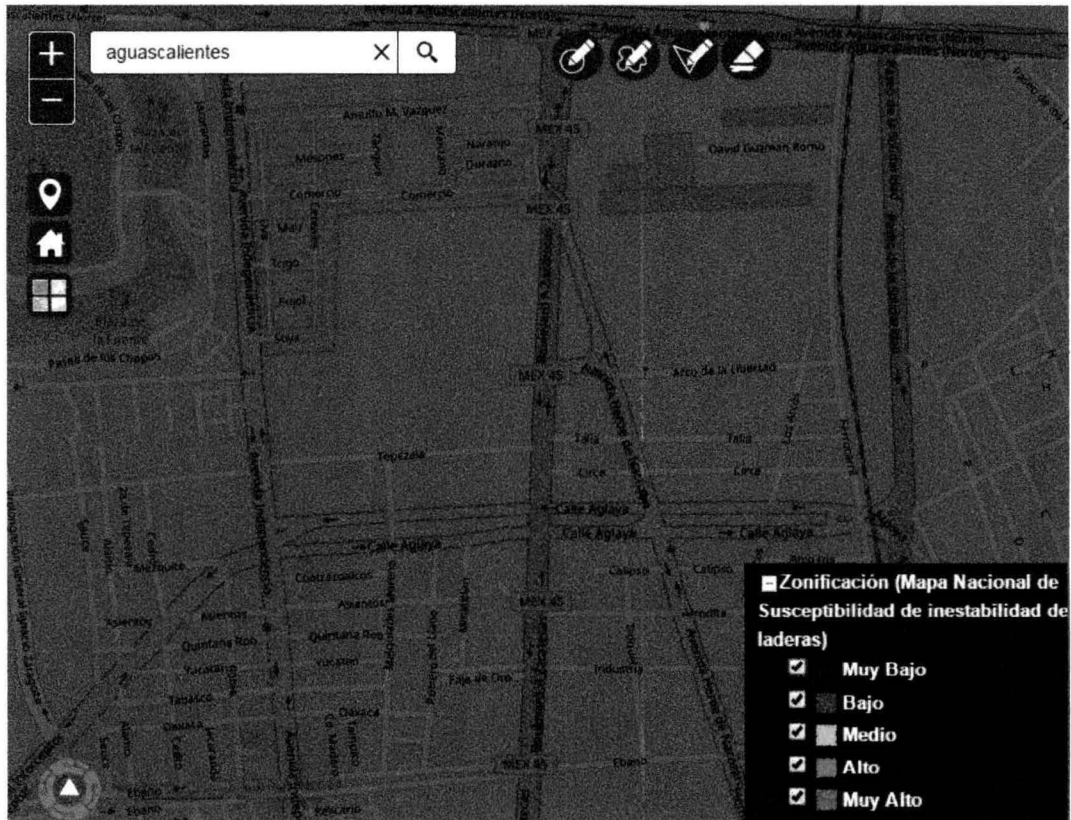
Fuente: Atlas Nacional de Riesgos Cenapred (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Susceptibilidad de laderas

La susceptibilidad frente a los movimientos de ladera expresa la mayor o menor tendencia del terreno a la generación de movimientos. Es la condición general de estabilidad del terreno.

En la zona donde se localizará el proyecto se tiene susceptibilidad muy baja de inestabilidad de laderas, tal como se aprecia en la figura 6, del Atlas Nacional de Riesgos.

Figura 6. Susceptibilidad de inestabilidad de laderas



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos Cenapred (<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>)

Sismicidad

Del 85 al 90% de los sismos o temblores que ocurren en México se producen en la Zona de subducción de las placas tectónicas de la costa del pacífico, desde Puerto Vallarta, en el estado de Jalisco, hasta Tapachula en Chiapas. De acuerdo a la regionalización sísmica (Ver Figura 7) el Municipio de Aguascalientes se encuentra en la Zona sísmica "B" de la República Mexicana, la cual tiene un riesgo intermedio para la presentación de sismos (son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo), según datos del Servicio Sismológico de la UNAM; en los últimos 10 años en el estado de Aguascalientes no se han presentado sismos de intensidades superiores a 5.0° Richter, sólo se reportan 9 con intensidades de 2.2 a 3.3, en el periodo entre noviembre del 2014 a octubre del 2015, y ninguno en áreas cercanas al proyecto (Ver Tabla 5).

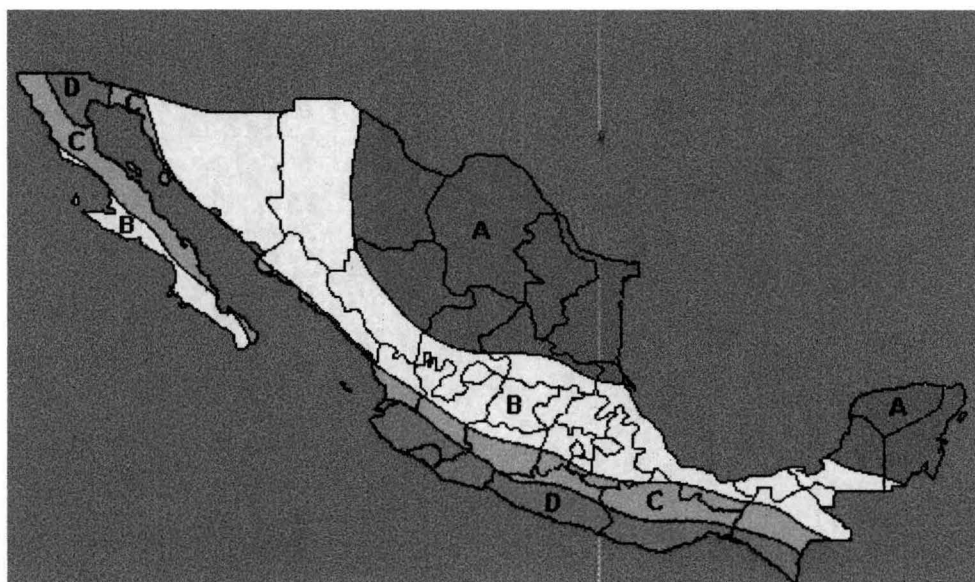
Algunos movimientos telúricos se registran por efectos del hundimiento de cavidades subterráneas. Este fenómeno constituye un proceso eminentemente natural. La opinión técnica generalizada en Aguascalientes indica que esos procesos se han intensificado debido a la acción del hombre, principalmente por la sobreexplotación de los acuíferos, situación que da lugar a reacomodos de los sedimentos poco litificados que pierden volumen por extracción de agua del subsuelo.

Tabla 5. Sismos ocurridos con epicentro en el estado de Aguascalientes (2006 – 2016)

Magnitud	Fecha	Epicentro
2.3	2016-02-23 16:16:43	6 km al NOROESTE de Aguascalientes, Ags
3.2	2015-12-05 11:26:42	5 km al NORTE de Jesús María, Ags
2.9	2015-10-14 13:20:36	18 km al ESTE de Calvillo, Ags
2.2	2015-09-02 13:09:53	5 km al NORTE de Jesús María, Ags
2.3	2015-09-02 12:49:40	5 km al SUROESTE de Jesús María, Ags
2.2	2015-09-02 12:42:36	7 km al SUROESTE de Jesús María, Ags
3.1	2015-02-26 13:43:28	7 km al SUROESTE de Pabellón de Arteaga, Ags
3.1	2015-02-19 14:32:56	10 km al OESTE de Pabellón de Arteaga, Ags
2.7	2015-02-13 12:12:19	14 km al SUROESTE de Aguascalientes, Ags

Fuente: Catálogo de sismos del Sistema Sismológico Nacional <http://www2.ssn.unam.mx/>

Figura 7. Regionalización Sísmica de la República Mexicana



Fallas Geológicas

Se consultó el Sistema de Información de Fallas Geológicas y Grietas (SIFAGG) de la Secretaría de Infraestructura y Comunicaciones del Gobierno del Estado de Aguascalientes para conocer si por el predio donde se localizará el proyecto pasa una falla o grieta, teniendo como resultado que la falla más cercana (Falla Pulgas Pandas – Fátima LF073), que tiene una dirección Sur – Norte, se localiza a 1.3 km oeste, la cual no afectará el funcionamiento y seguridad de las instalaciones.

Figura 8. Ubicación de fallas geológicas



Fuente: Sistemas de información de fallas geológicas y grietas SIFAGG, Gobierno del Edo.

Hidrología

Las corrientes de agua más cercanas al proyecto son el Arroyo Los Arellano a 1.79 km al sureste, el cual se encuentra entubado; y el río San Pedro, el cual se localiza a 3.1 km al oeste. Este río cuenta con flujo permanente de agua, incrementándose en temporada de lluvias.

A pesar de esto, no se prevé riesgo de inundación por desbordamiento del mismo en la zona del proyecto debido a que el predio a una distancia considerable.

De acuerdo a las características del sitio, las diferentes condiciones meteorológicas y geológicas, no se espera que la zona sea susceptible a riesgos por efectos meteorológicos adversos de gran intensidad o fenómenos geológicos, por lo que no se es necesario utilizar criterios de diseño especiales diferentes a las que corresponden por normatividad.

1.1.1. Proyecto Civil

El proyecto consiste en la construcción y operación de una Estación de Servicio (EDS) Tipo 1, es decir de llenado rápido, de gas natural y pretende ser instalado en un predio que cuenta con un área total de 2,761 metros cuadrados, el cual tiene actualmente un uso comercial.

Las áreas que componen una EDS Tipo 1 son:

- a) Estación de Filtración (EF).
- b) Estación de Regulación y Medición (ERM).
- c) Recinto de Compresión y Almacenamiento (RCA).
- d) Subestación eléctrica, Cuarto de Control.
- e) Servicios Propios.
- f) Canopy (Área de surtidores)
- g) Oficinas Administrativas.
- h) Patio de Maniobras.
- i) Zonas Verdes.

La estación de servicio (EDS) cuenta con 4 cajones de estacionamiento, incluyendo dos cajones de estacionamiento para discapacitados.

Se contará con 6 dispensarios destinados para vehículos automotores los cuales constan de 2 pistolas despachadoras cada uno, así mismo se consideran 2 dispensarios para camiones con dos pistolas despachadoras. Alrededor y dentro del mismo, es por donde los autos circularán dentro del proceso de carga de gas natural. Dicha área se encontrará pavimentada en su totalidad.

Cuenta con área para oficinas, para equipos y compresores, y el Canopy, que es donde se ubican los dispensarios. El área sobrante es para la circulación de vehículos y para áreas verdes.

Dentro de la edificación se incluyen oficinas y baños públicos. En las oficinas se encuentran diversas áreas, en planta baja se cuenta con un cuarto destinado para el conteo, oficinas de

Las áreas que componen una EDS Tipo 1 son:

- a) Estación de Filtración (EF).
- b) Estación de Regulación y Medición (ERM).
- c) Recinto de Compresión y Almacenamiento (RCA).
- d) Subestación eléctrica, Cuarto de Control.
- e) Servicios Propios.
- f) Canopy (Área de surtidores)
- g) Oficinas Administrativas.
- h) Patio de Maniobras.
- i) Zonas Verdes.

La estación de servicio (EDS) cuenta con 4 cajones de estacionamiento, incluyendo dos cajones de estacionamiento para discapacitados.

Se contará con 6 dispensarios destinados para vehículos automotores los cuales constan de 2 pistolas despachadoras cada uno, así mismo se consideran 2 dispensarios para camiones con dos pistolas despachadoras. Alrededor y dentro del mismo, es por donde los autos circularán dentro del proceso de carga de gas natural. Dicha área se encontrará pavimentada en su totalidad.

Cuenta con área para oficinas, para equipos y compresores, y el Canopy, que es donde se ubican los dispensarios. El área sobrante es para la circulación de vehículos y para áreas verdes.

Dentro de la edificación se incluyen oficinas y baños públicos. En las oficinas se encuentran diversas áreas, en planta baja se cuenta con un cuarto destinado para el conteo, oficinas de mantenimiento y aseo, así como un área destinada para ventas. Por otra parte se cuenta con los baños públicos, tanto para hombres y para mujeres.

Los metros cuadrados de construcción del local, baños y oficinas es 198.7 m², de Canopy son 404.67 m². El recinto de compresión 199.87 m² y La estación de regulación y medición tiene 23.06 m² de construcción. El total de metros cuadrados construidos serán de 865.65 lo cual incluye oficinas, baños públicos, recinto de compresión, ERM, cuarto eléctrico y canopy.

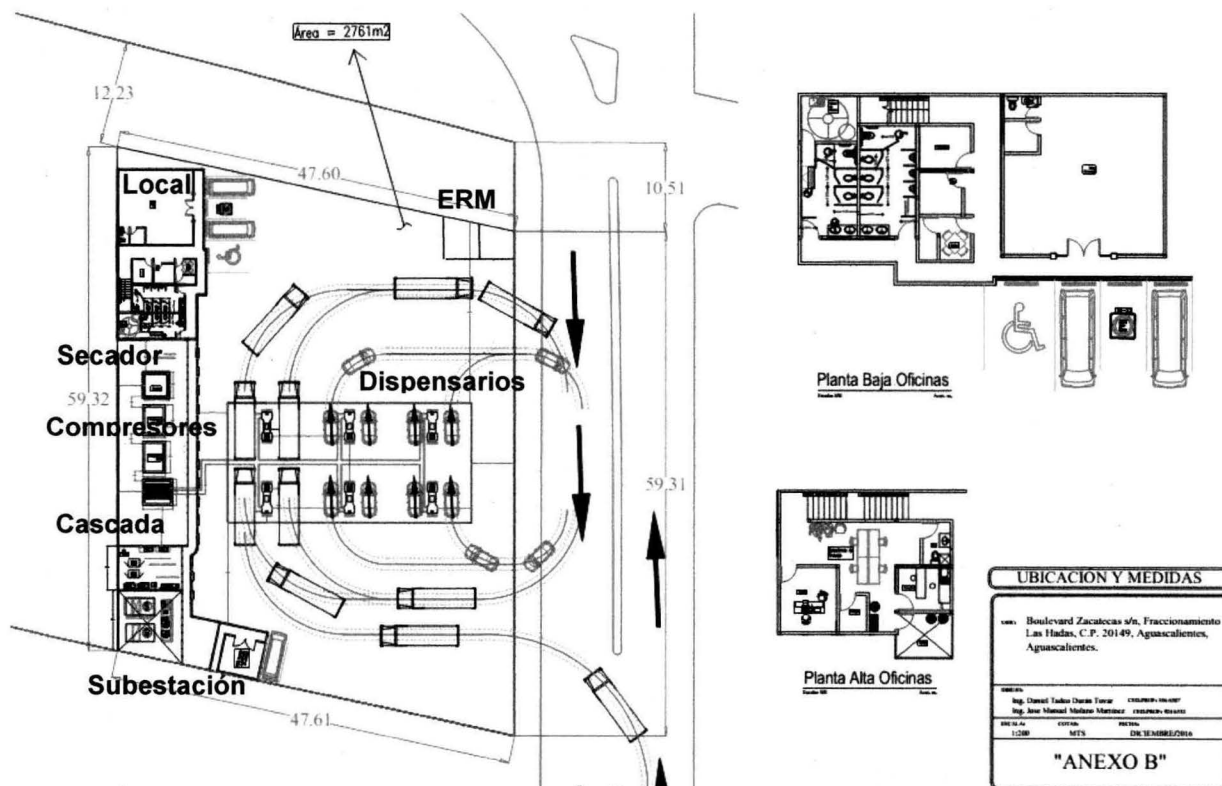
Las áreas de la estación, usos específicos y dimensiones de las mismas se enlistan en la siguiente tabla:

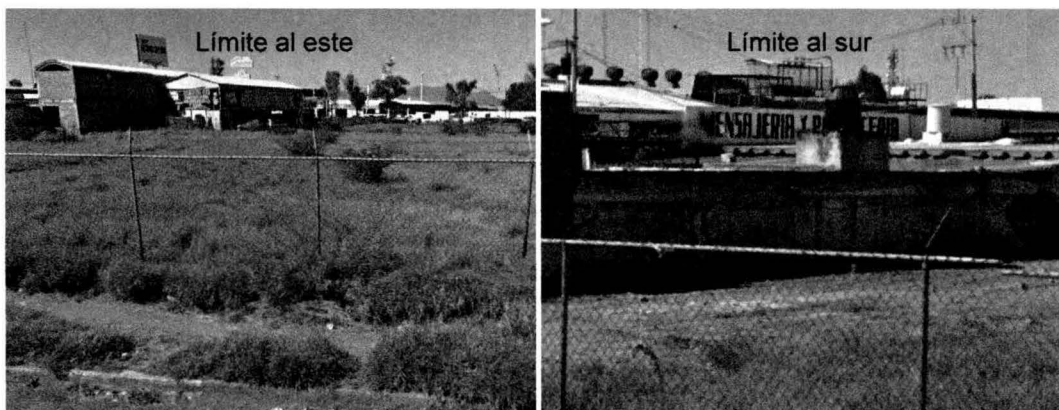
Tabla 6. Usos y Áreas de la Estación de Servicio de Gas Natural Nacozari

USO ESPECÍFICO	ÁREA (M ²)	PORCENTAJE (%)
Local Comercial	81.22	2.94
Oficinas Administrativas	94.41	3.42
Recinto de Compresión	199.87	7.24
Cuarto Eléctrico	39.35	1.43
Baños Públicos	23.07	0.84
Despacho Vehículos y Camiones	404.67	14.66
Estacionamiento	72.48	2.62
Vialidad	1846.14	66.86
Área total del terreno	2,761.00	100.00%

Las áreas de la estación se visualizan en la siguiente figura (plano arquitectónico general):

Figura 9. Planta de Conjunto (Proyecto Arquitectónico) de la Estación de Gas Natural Nacozari





Recinto

El recinto de compresión está diseñado en base a las condiciones y/o restricciones de la NOM-010-SECRE-2002 y consta de 192 m², dentro del cual se instalará un compresor de 1400 m³/h para el arranque de la estación, una cascada de almacenamiento de 32 cilindros, se dejan bases para un compresor y un equipo secador a futuro. De igual manera se proyecta espacio para dichos equipos a futuro. Los dispositivos de control se instalarán de forma tal que el congelamiento interno, externo o las condensaciones no provoquen fallas de funcionamiento.

Cada base está 0.2 m por encima de nivel de piso terminado, construida de concreto f'250 y medidas específicas para cada uno de los equipos. Se debe señalar que los compresores únicamente van asentados sobre amortiguadores para disminuir la transmisión de vibración al piso, la cascada y el equipo secador se apoyan sobre un skid propio del equipo, los cuales cuentan con barrenos para ser anclados en caso de ser necesario para evitar flotación y/o arrastre en caso de inundación y no se acumularan líquidos debajo de los recipientes. Además sobre los equipos no pasaran líneas de transmisión de energía eléctrica, ni estarán expuestos a la falla de estas líneas y tendrán una distancia mínima de 3 (tres) m al edificio más cercano o a la línea de colindancia, y a las protecciones contra impactos de vehículos, y una distancia mínima de 15 (quince) m cuando se trate de hospitales, centros educativos y vías de ferrocarril.

Los recintos serán construidos a una distancia no menor de 2 (dos) m de los linderos del terreno o de cualquier construcción aledaña.

El recinto no tendrá techo y contará con detectores de mezclas explosivas que accionarán una alarma luminosa y sonora al alcanzar una mezcla de 0,5 (cero coma cinco) % en volumen

de gas natural en aire. En caso de detectar una mezcla de 3 % se debe activar un sistema de bloqueo, el cual debe interrumpir la energía eléctrica a toda la estación y cerrar las válvulas de alimentación de gas a los compresores, al sistema de almacenamiento y a los surtidores, además no se permitirá usar material inflamable a una distancia menor de 3 (tres) m del recinto y en caso de existir tanques abiertos que contengan líquidos combustibles o inflamables, habrá una separación mínima de 6 (seis) m entre el recinto y la pared exterior más cercana de los tanques.

Se tendrá un espacio libre de por lo menos 1 (un) metro entre recipiente y otros componentes para tener acceso a todas las válvulas y conexiones, así también entre las unidades de compresión para minimizar las vibraciones entre éstas.

La plataforma del recinto debe estar nivelada y los pernos de anclaje apropiados deben ser utilizados.

Si la plataforma de concreto no es perfectamente uniforme y nivelada, entonces, deberá ser utilizado para el montaje de la plataforma del compresor en la plancha de concreto uno de los métodos siguientes.

- i. Montajes de vibradores de aislamiento (amortiguadores)
- ii. Una lechada de epoxi o base de cemento para rellenar los espacios entre el patín y la base de concreto, en este caso, no se requieren pernos de anclaje
- iii. Una lámina de caucho reforzado, de 1 "de espesor se puede utilizar para eliminar cualquier puntos desiguales en la base de concreto

La estructura de la plataforma del compresor estará conectada sólidamente a una fuente de tierra física. La cabina acústica debe ser anclada a la plataforma de concreto.

Disposición de Surtidores

Los surtidores de GNC estarán localizados en una instalación exterior protegida que cumple con las dimensiones indicadas en la norma.

Los surtidores se montarán sobre un módulo de abastecimiento, como mínimo con las características y distanciamientos que se muestran en la norma y con una protección tubular contra choques sobre el sentido de circulación de los vehículos. Asimismo, el distanciamiento entre el surtidor y la colindancia a la banqueta más cercana será 3 metros.

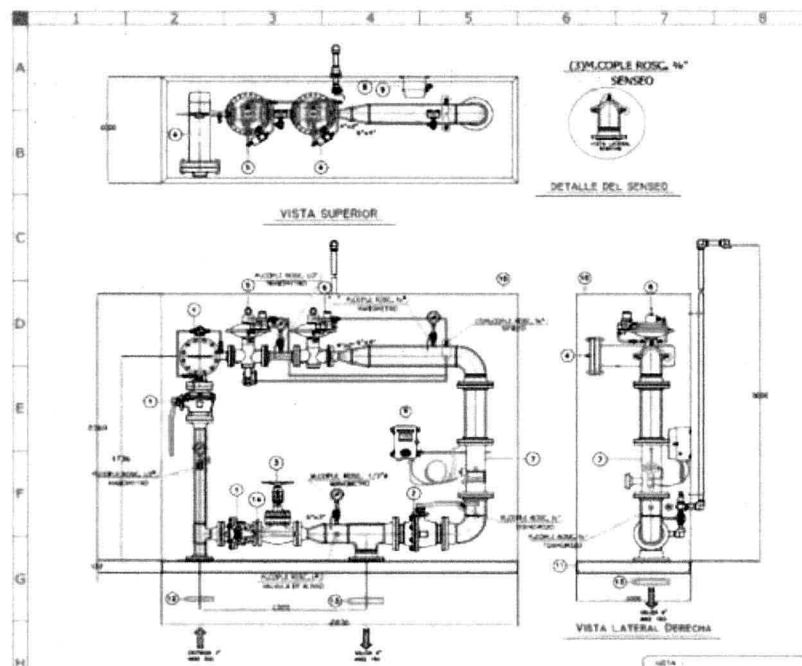
El punto de transferencia guardará una distancia mínima de 3 (tres) m con la colindancia del predio y la banqueta. Se considerarán que las áreas clasificadas como peligrosas queden localizadas dentro del predio y que no se obstruya la vialidad interna vehicular.

1.1.2. Proyecto Mecánico

Estación de Regulación y Medición (ERM).

La ERM está construida con Tubería de acero negro al carbón cedula 80 hasta los elementos reguladores. La operación y mantenimiento de la ERM, es responsabilidad del distribuidor y solo personal de la distribuidora debidamente capacitado, la operará y hará el mantenimiento mediante un programa de revisión trimestral y se tendrá contacto telefónico mediante un número de emergencias los 365 días del año las 24 horas, por cualquier anomalía o incidente, que se presente en la misma.

Figura 11. Arreglo de la Estación de Regulación y Medición (ERM).



El arreglo principal de la ERM contempla 3 secciones:

- Sección de Filtración
- Sección de Regulación
- Sección de Medición

a. Filtración

La Estación ERM inicia con la conexión al ramal de 4" que viene de la interconexión con el Gasoducto de 3" de la compañía Fenosa, para continuar en 3" hasta llegar a la junta aislante monoblock de 2" JMB-100, para luego encontrarse con una "Tee" que divide a las secciones de filtración con la posibilidad de aislamiento con las válvulas VA-100 y VA-101 (NA), cuando se tenga que hacer mantenimiento o cambio de cartucho al Filtro de la línea principal. Sobre la línea principal, se encuentra un primer indicador de presión PI-100 precedido por la válvula de aguja NA-100, con rangos de medición de 0 a 21 Kg/cm² para tener la referencia de la presión de entrada a la ERM. Posteriormente se encuentran dos válvulas tipo esfera VA-100 y VA-101 (NA/NC). La ERM, está diseñada con dos líneas principales de filtrado y regulación, esto con la intención de ofrecer un servicio continuo, durante los periodos de mantenimiento de los filtros y/o reguladores. A la salida de la ERM se encuentra un filtro de 0,5 micras.

b. Regulación

Esta sección cuenta con dos líneas principales de regulación y está provista de una etapa de regulación en cada una, con regulación ANSI 300. Finalmente la válvula Slam Shut cerrará por detección de contra presión para salvaguardar las instalaciones aguas arriba de este regulador con un punto de ajuste de 0.5 Kg/cm², esto es, que al detectar una presión igual o superior a este valor por el cierre inesperado de válvulas aguas abajo o suspensión de consumos parciales, esta válvula cerrará de forma automática. Existe la posibilidad de que se presente un incremento de presión en el sistema debido a razones de operación, como la presurización en la línea debido a un paro general de la planta en sus equipos de consumo lo que ocasionaría un incremento de presión o por una falla en los elementos internos del equipo de regulación que pudieran afectar el rango de calibración en la presión de salida y esta se incrementa. En cualquiera de estos casos cuando la válvula Slam Shut detecte el incremento de presión en un rango de 0.5 kg/cm² por encima de su presión de ajuste, esta bloqueará el paso del gas en el sistema por alta presión, de igual manera la válvula obstruirá el paso de gas. Si la causa de falla continua, esta misma válvula se bloqueará por alta presión y el sistema quedará protegido, esto con la finalidad de proteger las instalaciones del usuario, así como a los que dependen de este ducto de distribución y que pudieran verse afectados.

Una recomendación de operación para este tipo de arreglos es el intercambiar el funcionamiento de los reguladores de trabajo con el fin de que ambos reguladores operen por periodos alternados y ambos respondan correctamente cuando sean requeridos.

c. Medición

Esta línea principal 4"-ERM G-650 - 19-4 Bar cuenta con válvulas de seccionamiento de entrada VA-100, VA-101 y salida VA102. Por esta línea pasa el flujo principal que se mide con el medidor tipo TURBINA ANSI 150, G-650 Fluxi 2150.

La operación de la medición se realizará mediante el uso de un computador de flujo (Electro corrector) el cual recibirá las señales de presión estática, temperatura de proceso, flujo instantáneo para correr los algoritmos marcados por el reporte AGA 7 y 8 para la medición de gases y así totalizar de manera compensada el flujo instantáneo en la línea de medición. Las variables para los cálculos de flujo compensado de acuerdo a las recomendaciones de AGA 7 y 8, Presión Estática y Temperatura serán enviadas al Computador de Flujo Mediante un Transmisor de Presión y Temperatura con señales FT- 100, PT-100 y TT-100.

La señal de temperatura se toma de un elemento primario RTD tipo PT-100 con constante alfa 385 ohm/°C, instalado en un termo pozo de Acero Inoxidable a 4 diámetros de distancia de la salida del medidor de flujo para el cumplimiento con la recomendación de AGA Reporte 9, así como con la NRF-081-2004. Se termina con la sección de medición con la válvula tipo macho de 3" VA-102 (NA) la cual ve hacia delante las válvulas de aislamiento NA-103 para el indicador de presión PI-103 para tener la lectura de la presión de salida de esta ERM, para continuar con una "Tee" que une la línea principal un carrete que será instalado como bypass solamente cuando se requiera dar servicio a la etapa de medición.

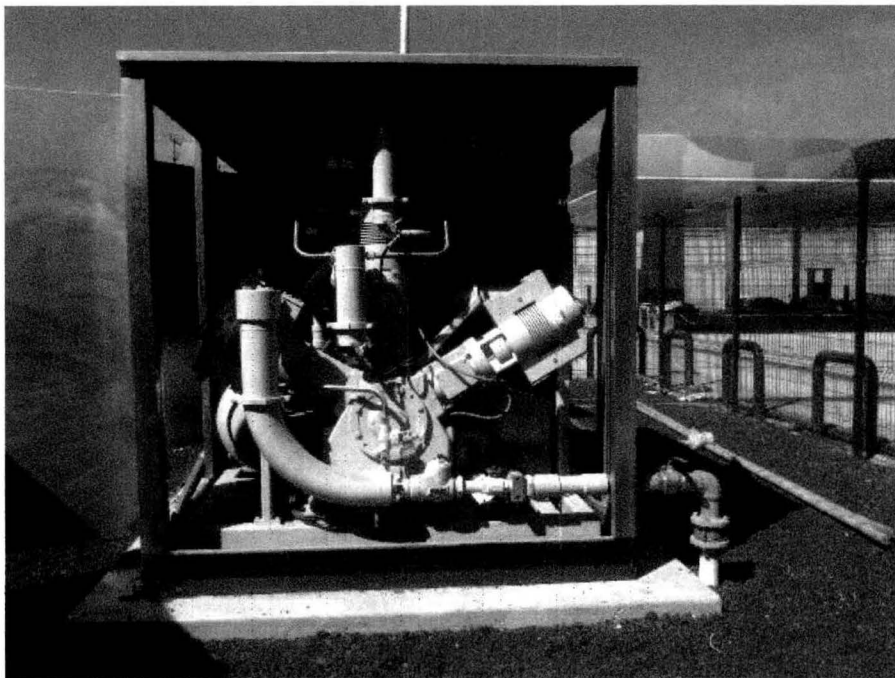
Compresores

Se instalarán dos compresores de origen canadiense marca CLEAN CNG 2.0, modelo 5750DA-300-3626-4AC de 1418 m³/hora de capacidad a 7 bar, y con una presión máxima de descarga de 3626 m³/hora a 250 bar; con una alimentación de energía eléctrica de 440 voltios y cuenta con un motor de 250 HP. Está equipado con un sistema de arranque suave para evitar la caída repentina de tensión en el sistema eléctrico, evitando que se activen los sensores. Registra su funcionamiento en el tablero general del compresor que se encuentra dentro del cuarto de Máquinas de la estación.

Los compresores que se contempla instalar son del tipo pistón lubricado de 4 etapas de compresión, con una presión de succión variable de 4-7 bares, considerando una máxima presión de succión de 6.85 bar para poder operar con tubería de polietileno, y para dejar cierta tolerancia a la presión máxima permitida de 689 kPa. Se tiene un rango de operación

de descarga en la primera etapa de 310 psi, en la segunda de 830 psi y en la tercera de 1750 psi y finalmente en una cuarta etapa de 3600 psi. El trabajo de cada compresor esta operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y cuantos compresores se requieren para mantener la presión de descarga. El sistema electrónico de los equipos de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc.

Figura 12. Vista de un Compresor dentro de un recinto



Cascada Pulmón.

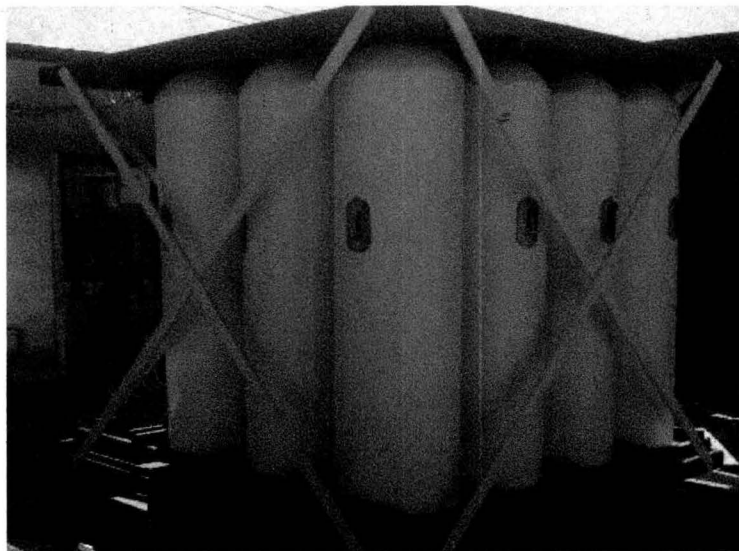
La función de este equipo, es prolongar el tiempo de arranque y paro del compresor para optimizar el funcionamiento del mismo, este sistema está conformado por una batería de 32 cilindros de 125 L fabricados de una sola pieza libre de soldaduras.

Conformado con una válvula de ingreso y salida de gas comprimido con la capacidad de operar a 1.5 veces la presión de trabajo, los tanques al ser de una sola pieza capaces de soportar 1.5 veces la presión de operación la cual es de 250 bar, la "cascada pulmón" esta de manera constante regresando el gas comprimido al compresor por lo cual no funciona como

almacenamiento, sino como un pulmón en el trabajo del compresor haciendo que el volumen que circula por el mismo aligere el trabajo de arranque y paro del compresor y poder suministrar la capacidad nominal del compresor.

Los tanques de almacenamiento son fabricados con tubo de acero al carbono templado de una sola pieza y están interconectados para ofrecer un mayor capacidad de almacenamiento, cada tanque está diseñado para soportar la presión de operación de la estación y cuentan con válvulas de aislamiento individualmente y una válvula de relevo de presión por paquete, la cual está calibrada para liberar al ambiente el exceso de presión cuando rebasen 1.2 veces la presión normal de operación del equipo. El grupo de tanques está configurado para una capacidad de 4,000 L de agua, instalados dentro de un bastidor de acero, en forma vertical, unidos con tubería de acero inoxidable.

Figura 13. Ejemplo de Cascada Pulmón.



Descripción de tuberías y accesorios

Las tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) a utilizar, cumplirá con la norma NMX-E-043-SCFI-2002, la cual no superará una presión de trabajo de 689 kPa (100 psi), y se ubicará enterrada con uniones por termo fusión, entre la sección comprendida desde la salida de la ERM a la succión de cada compresor; y con conexiones de transición en la salida de la ERM y para los disparos a compresores y secador. Se utilizaran codos de PEAD para los cambios de dirección. La tubería será de un diámetro de 6", enterrada a una profundidad 1.2 m entre el

nivel de piso terminado a lomo de tubo, con válvulas manuales de cierre rápido de acero al carbono a la salida de la ERM, en cada disparo y un by pass para el secador.

La tubería enterrada será instalada de la forma más directa como sea práctico, con las medidas de protección adecuadas para resistir expansión, contracción, vibración, golpes y asentamiento del suelo. La tubería instalada arriba del nivel del piso estará protegida contra daño mecánico y corrosión atmosférica.

Se utilizarán coples reductores de 6" a 4" en la sección de tubería de polietileno, las transiciones serán de PEAD-AC de 4" para los disparos a la succión de los compresores y del secador.

La tubería de acero instalada bajo nivel de piso será enterrada, en su caso dentro de una trinchera o encamisada. Los tubos de acero, conexiones, accesorios y componentes enterrados se protegerán contra la corrosión de acuerdo con lo establecido en el Apéndice II de la NOM-003-SECRE-2011.

Las válvulas, empaques de válvulas y material de empaque serán los adecuados para soportar el gas natural a las presiones y temperaturas a las cuales estarán sujetas bajo condiciones de operación.

No se utilizarán conexiones roscadas en las tuberías enterradas y todas las uniones por soldadura en tuberías de acero al carbono y acero inoxidable serán radiografiadas al 100% de su longitud por un laboratorio acreditado.

Se utilizará tubería de acero inoxidable tipo 316 para la presión de 250 bares (con una presión de ruptura mayor o igual a 100 MPa), que comprenden tres líneas de la descarga de los compresores a la cascada y a surtidores, con espesor de pared específico para cada diámetro, indicado en el apartado siguiente. Los accesorios a utilizar son del mismo material, estos accesorios son codos, tees, válvulas, conectores etc., en donde se requieran. Para los cambios de dirección se dobla la tubería en donde el espacio lo permita, debiendo tener un radio mínimo de 4 veces el diámetro del tubo o un diámetro de doblez mínimo de 76 mm y deben realizarse con herramienta adecuada. Esta tubería se coloca en trincheras de concreto bajo nivel de piso terminado y montada sobre soportes de acero y abrazaderas de poliuretano.

Se contará con manómetros en la salida de la ERM, a la succión y en la descarga de cada etapa del compresor, en cada línea de la cascada de almacenamiento y en cada dispensario,

en su mayoría con escala de 0 a 5000 psi para altas presiones y 0 a 10 bares para bajas presiones.

Cada línea de gas de 250 bar contará con válvulas de exceso de flujo, las cuales cortan totalmente el flujo del gas hacia los dispensarios en caso de que no se cuente con ninguna oposición al flujo, es decir en caso de alguna ruptura, además de contar con válvulas check (retención de flujo) para evitar el retorno del gas de los recipientes de almacenamiento al compresor. Estas válvulas son instaladas al principio del recorrido de la tubería entre la cascada y dispensarios.

También se instalará una válvula de corte en el cabezal de un grupo de recipientes lo más cerca posible a éstos. Esta válvula estará después de la válvula check de la línea de llenado.

La tubería de acero inoxidable es totalmente roscada con conexiones OD o NPT, no se utiliza soldadura, ni bridas en este recorrido.

Los accesorios de alta presión utilizados son:

- Tee 1" ODxOD
- Unión cruz 1" ODxOD
- Conectores rectos de 1" ODxOD
- Reducciones de 1"x ½" OD
- Válvulas de bola ½" OD
- Válvulas check ½"OD
- Válvulas exceso de flujo ½" OD
- Manómetros de 0-6000 psi conexión lateral

Se realizan dobleces a la tubería para cambios de dirección a 90°.

Todos los materiales cumplen satisfactoriamente con normas ANSI/AGA NGV3.1-1995, CGA NGV 12.3-M95, (Fuel system components for compressed natural gas powered vehicles).

Para la operación y mantenimiento se tiene por norma que hacer una revisión anual por la unidad de verificación acreditada y esta misma valida el dictamen y las condiciones de operación para que la instalación pueda ser operada a las condiciones de trabajo que se requieren.

Cálculo de espesores para la tubería de alta presión.

Para este proyecto los diámetros de tubería de alta presión utilizados son de ½" y 1", instalados en los diferentes componentes. La tubería de 1" se utilizará para el recorrido de la conexión del banco de almacenamiento hasta la conexión de los surtidores, la tubería de ½" únicamente será utilizada para conectar la cascada e iniciar el recorrido con la tubería de 1".

El espesor requerido para secciones rectas de tubo es determinada mediante la siguiente ecuación:

$$t_m = t + c$$

El espesor mínimo nominal T para el tubo seleccionado no debe ser menor que el espesor t_m

La ecuación siguiente determina el valor de t aplicable para:

$$t < \frac{D}{6} y \frac{P}{SE} < 0.385$$

$$\therefore t = \frac{PD}{2(SE + PY)}$$

Donde:

- t = espesor mínimo requerido (in)
- P = Presión de diseño (PSI)
- D = Diámetro exterior de la tubería (in)
- S = Resistencia mínima a la cedencia (PSI, Tabla 4 ASTM A213)
- E = Factor de calidad del tubo (Tabla A1 – B ASME B31.3)
- Y = Factor de corrección por temperatura (Tabla 304.1.1. ASME B31.3)
- c = Corrosión permitida dada por el fabricante, de no ser especificada se toma como 0.015 in
- T = Espesor nominal comercial

Nota: La resistencia a la corrosión atmosférica del acero inoxidable 316 es inigualable en comparación con otros materiales de ingeniería sin recubrimiento. El acero inoxidable desarrolla una resistencia máxima a las manchas y picaduras. Por esta razón, en la práctica común se usa acero de este grado en las zonas donde el ambiente es altamente contaminado con cloruros, compuestos de azufre y sólidos, ya sea individualmente o en combinación, la velocidad de corrosión del acero 316 es de 0.001367 mm/año en ambientes extremos.

De acuerdo al certificado de material de la tubería del fabricante se obtienen las siguientes características:

- Tubo acero inoxidable tipo 316 SS, 1"x 0.109" sin costura, ASTM A-269, ASTM A-213.
- Tubo acero inoxidable tipo 316 SS, 0.5"x 0.065" sin costura ASTM A-269, ASTM A-213.

Los accesorios de la sección de alta presión (codos, tees, etc.) serán de acero inoxidable tipo 316 SS, ASTM A-276 y A-182, sus dimensiones serán según ANSI/ASME B16.9 y B16.11, del mismo espesor que los de la tubería en diámetros

Factores para el cálculo del espesor

Parámetro	Tubo de 1"	Tubo de 0.75"	Tubo de 0.5"
D (in)	1.365	1.05	0.84
S (Psi)	30	30	30
Y	0.4	0.4	0.4
P (psi)	3960	3960	3960
c (in)	0.015	0.015	0.015
E	1	1	1

Para tubería de 1"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 1.365 \text{ in}}{2[(30 \times 10^3 \text{ psi}) + (3960 \text{ psi} \times 0.4)]}$$

$$t = 0.085 \text{ in}$$

$$t_m = 0.085 + 0.015 = 0.1$$

Para tubería de 0.75"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 1.05 \text{ in}}{2[(30 \times 10^3 \text{ psi}) + (3960 \text{ psi} \times 0.4)]}$$

$$t = 0.066 \text{ in}$$

$$t_m = 0.052 + 0.015 = 0.081$$

Para tubería de 0.5"

$$t = \frac{3960 \text{ psi} \times 0.84 \text{ in}}{2[(30 \times 10^3 \text{ psi}) + (3960 \text{ psi} \times 0.4)]}$$

$$t = 0.052 \text{ in}$$

$$t_m = 0.052 + 0.015 = 0.067$$

Caídas de presión en tubería de 250 bares

El diseño de la tubería de gas natural se basa en la selección del diámetro adecuado para evitar las pérdidas de presión entre en el trayecto. La expresión de pérdida de presión en fluidos se encuentra basada en la fórmula empírica de Darcy-Weisbach, con una ligera adecuación que considera la densidad del gas. Se toman en cuenta factores del fluido como lo es la densidad, velocidad y viscosidad dinámica, se toma en cuenta la temperatura del ambiente y además, se toma en cuenta la rugosidad y geometría de la tubería. Ésta última se ve afectada en la longitud equivalente de la tubería, que es donde se consideran las pérdidas por cambios de dirección y accesorios requeridos. Por lo tanto, la selección del diámetro para la tubería de gas natural engloba aspectos que influyen en las pérdidas de presión y velocidad. Se define Alta Presión como la tubería posterior a la compresión de gas, comprendiendo presiones entre 200 y 250 bar.

Las pérdidas por fricción se calculan con la fórmula empírica de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \times \left(\frac{Le}{Di} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde:

- hf = Pérdida de altura, en m
- f = Factor de fricción, adimensional
- Le = Longitud equivalente de la tubería, en m
- Di = Diámetro interior de la tubería, en m
- V = Velocidad del fluido, m/s

Densidad de Gas Natural

$$\rho = \frac{P}{\left(\frac{R}{PM} \right) T}$$

Donde:

- $(R/PM) = 0.5182$ para el metano
- P = Presión, en kPa
- T = Temperatura, en °K
- ρ = Densidad, en Kg/m³

Velocidad del Fluido

La velocidad se obtiene de la siguiente manera:

$$V = \frac{354 \times Q}{D^2 \times P}$$

Dónde:

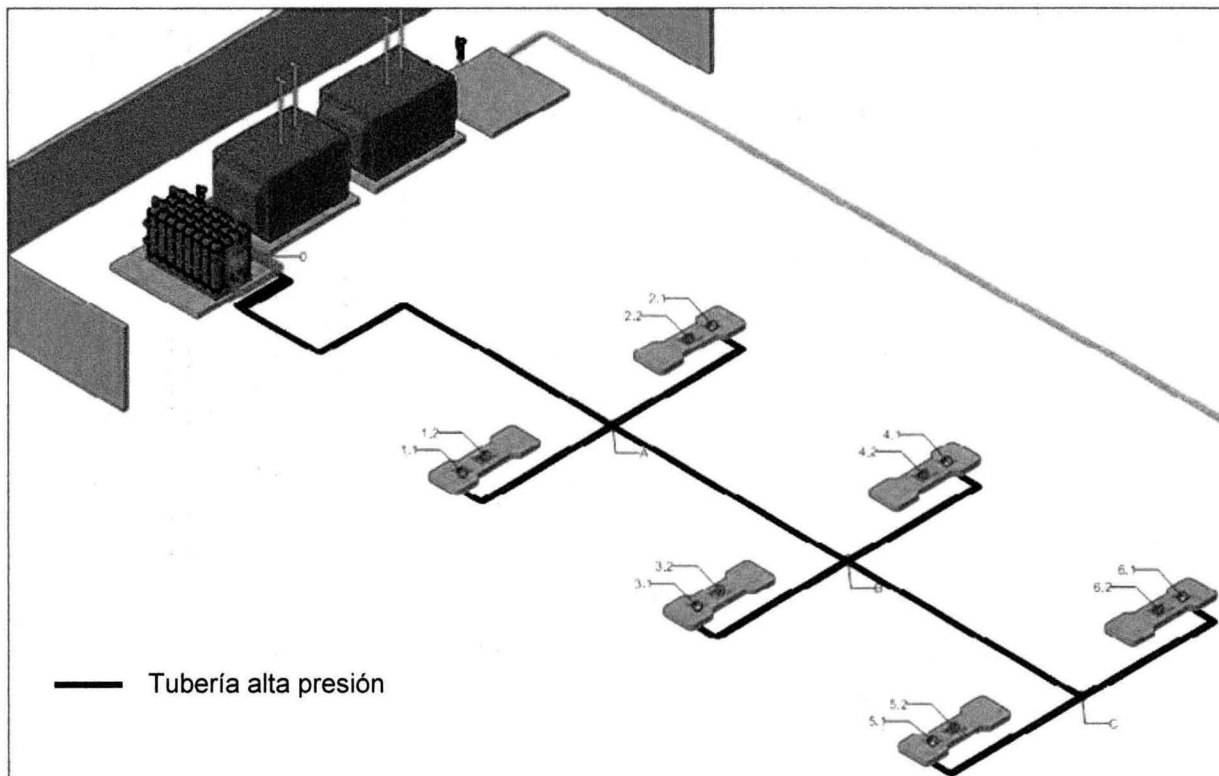
- V = velocidad, en m/s
- Q = Flujo, en m³/hr
- P = Presión de entrada, en bar
- D = Diámetro interior de la tubería, en mm

NOTA: La velocidad del fluido debe encontrarse en un rango entre 7 m/s y 15 m/s

Tabla 7. Análisis de caídas de presión por tramos

Tramo principal	Tramo secundario	Q (m³/h)	Dn (in)	Di (mm)	Di (m)	Ai (m²)	L (m)	Le (m)	P1 (Pa)	P1 (bar)	V (m/s)	Re	f	DP (Pa)	P2 (Pa)	P2 (Bar)	DP (Bar)
0-A		2800	½	13.02	0.013	0.000133	15.245	21.10	25082000	250.82	23.37	2.51E+06	0.014	1216647.39	23865352.6	238.65	12.166
	A-1.1	467	1	27.86	0.028	0.000610	6.28	7.95	23865352.6	238.65	0.89	2.05E+05	0.016	372.35	23864980.3	238.65	0.004
	1.1-1.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	8.59	23864980.3	238.65	1.45	2.62E+05	0.016	1319.76	23863660.5	238.64	0.013
	A-2.1	467	1	27.86	0.028	0.000610	6.28	7.95	23865352.6	238.65	0.89	2.05E+05	0.016	372.36	23864980.3	238.65	0.004
	2.1-2.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	10.56	23864980.3	238.65	1.45	2.62E+05	0.016	1620.58	23863359.7	238.63	0.016
A-B		1866	1	27.84	0.028	0.000609	9.655	9.66	23865352.6	238.65	3.57	8.21E+05	0.013	5965.66	23859387.0	238.59	0.060
	B-3.1	467	1	27.84	0.028	0.000609	6.28	9.62	23859386.9	238.59	0.89	2.06E+05	0.016	452.31	23858935.6	238.59	0.005
	3.1-3.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	8.59	23858934.6	238.59	1.39	2.50E+05	0.016	1211.22	23857723.4	238.58	0.012
	B-4.1	467	1	27.84	0.028	0.000609	6.28	9.62	23859386.9	238.59	0.85	1.96E+05	0.016	415.24	23858971.7	238.59	0.004
	4.1-4.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	8.59	23858971.7	238.59	1.39	2.50E+05	0.016	1211.22	23857760.5	238.58	0.012
B-C		932	1	27.84	0.028	0.000609	9.655	9.66	23859386.9	238.59	1.70	3.91E+05	0.015	1489.35	23857897.6	238.58	0.015
	C-5.1	467	1	27.86	0.028	0.000610	6.28	9.62	23857897.6	238.58	0.85	1.96E+05	0.016	413.64	23857484.0	238.57	0.004
	5.1-5.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	8.59	23857484.0	238.57	1.45	2.62E+05	0.016	1319.54	23856164.4	238.56	0.013
	C-6.1	467	1	27.86	0.028	0.000610	6.28	9.62	23857897.6	238.58	0.89	2.05E+05	0.016	450.89	23857446.7	238.57	0.005
	6.1-6.2	467	¾	21.84	0.022	0.000375	1.382	8.59	23857446.7	238.57	1.45	2.62E+05	0.016	1320.53	23856126.2	238.56	0.013

Figura 14. Tramo de tubería de alta presión



De acuerdo a los datos obtenidos se concluye que no existe gran afectación debido a las caídas de presión por estas razones:

- Acabado de materiales empleado.
- Pocos accesorios entre tramos.
- Tubería recta.
- Presión de trabajo muy elevada.
- Las pérdidas de presión no afectaran la operación de la estación, ya que la presión final de llenado de los vehículos es a 200 bares.

Nota: Se pueden presentar problemas por demanda de flujo en horas pico de operación de la estación.

Cálculo de espesor de tubería de polietileno

Para el cálculo del espesor de la tubería de polietileno, se utiliza la siguiente ecuación, derivada de la ecuación del numeral 5.1.2.2 de la NOM-003- SECRE-2011 para tuberías de polietileno.

$$t = \frac{D}{\left(\frac{2Sh \times 0.32}{Po}\right) + 1}$$

Donde:

- t = Espesor mínimo requerido, in
- D = Diámetro exterior de tubería, in
- Sh = Resistencia hidrostática a largo plazo, psi
- Po = Presión de operación, psi

Tubería de polietileno DN 4"

$$\therefore t = \frac{4.5''}{\left(\frac{2 \times 1250 \text{ psi} \times 0.32}{101.5 \text{ psi}}\right) + 1}$$
$$t = 0.5066 \text{ in}$$

La tubería de polietileno a instalar es de 4" RD9. Los accesorios necesarios para la correcta instalación deberán ser de las mismas características

Cálculo de espesor para tubería de acero

La tubería de acero al carbono a utilizar de 4" Ced. 40, para la conducción de gas natural cumplirá con los requerimientos mínimos o equivalentes establecidos en las normas vigentes en México con relación a esta materia y, a falta de éstas, con la práctica internacionalmente reconocida aplicable. El espesor mínimo de la tubería se calcula de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$t = \frac{P \times D}{2 \times S \times F \times E \times T}$$

En donde:

- t = Espesor de la tubería, en mm
- P = Presión de diseño, en kPa

- D = Diámetro exterior de tubería, en mm
- S = Resistencia mínima a la cedencia
- F = Factor de diseño
- E = Factor de eficiencia de la junta
- T = Factor de corrección por temperatura

$$\therefore t = \frac{1900kPa \times 88.9 mm}{2 \times (330 \times 10^3)kPa \times 0.72 \times 1 \times 1}$$

$$t = 0.3554 mm$$

El espesor de pared de la tubería utilizado de 4" cédula 40 es de 6.02 mm

El espesor de pared de la tubería utilizado de 3" cédula 40 es de 5.49 mm

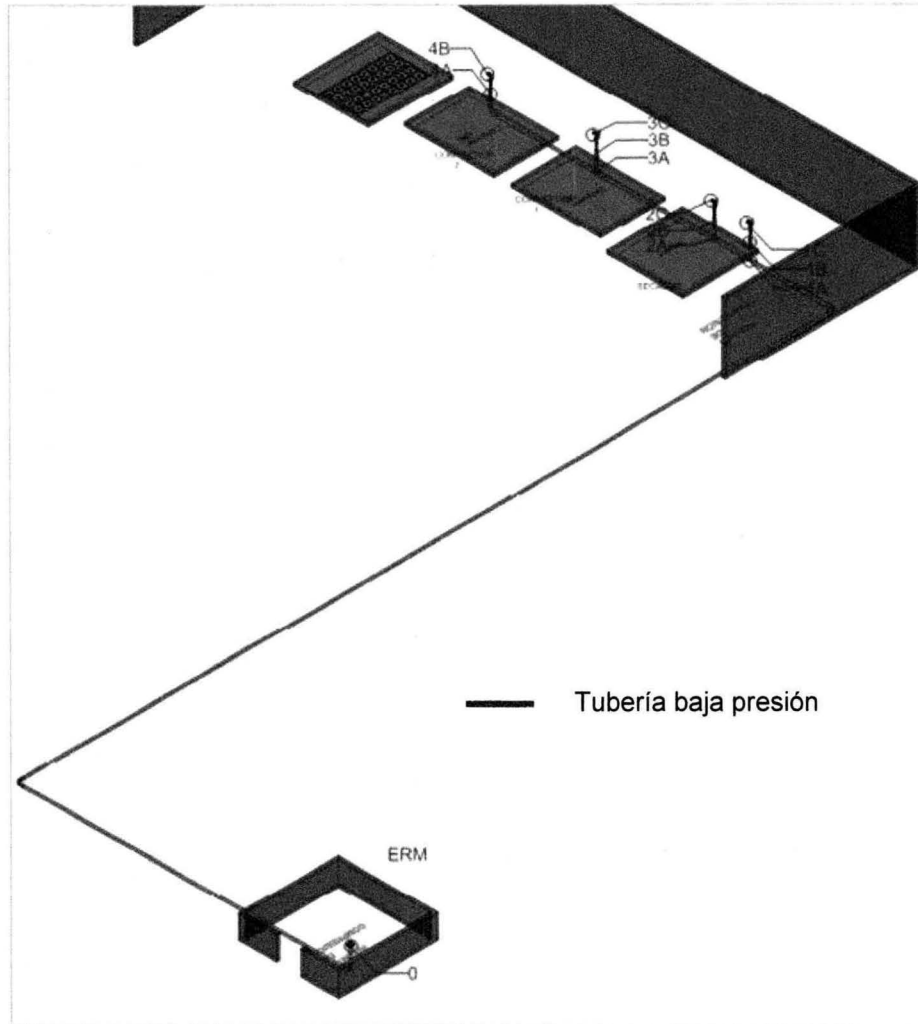
Cálculos de caídas de presión para tubería a 7 bares

Para una presión manométrica de succión del compresor de 7 bar, se tienen las siguientes caídas de presión de los tramos de tubería.

Tabla 8. Análisis de caídas de presión por tramos, tubería a 7 bares

Tramo principal	Tramo secundario	Q (m³/h)	Dn (in)	Di (mm)	Di (m)	Ai (m²)	L (m)	Le (m)	P1 (Pa)	P1 (bar)	V (m/s)	Re	f	DP (Pa)	P2 (Pa)	P2 (Bar)	DP (Bar)
0-01A		2800	4	114.3	0.114	0.010261	17.92	83.07	1000000	10	7.58	6.36E+05	0.018	2994.69	997005.31	9.97	0.030
	01A-01B	2800	3	88.9	0.089	0.006207	2.2	31.54	997005.30	9.97	12.57	8.20E+05	0.018	4188.12	992817.18	9.93	0.042
01A-02A		2800	4	114.3	0.114	0.010261	1.0	42.15	992817.18	9.93	7.63	6.40E+05	0.018	1541.06	991276.13	9.91	0.015
	02A-02B	2800	3	88.9	0.089	0.006207	2.2	31.54	992817.18	9.93	12.62	8.23E+05	0.018	4223.07	988594.11	9.89	0.042
02A-03A		1400	4	114.3	0.114	0.010261	5.67	7.96	992817.18	9.93	3.82	3.20E+05	0.018	75.38	992741.80	9.93	0.001
	03A-03B	1400	3	88.9	0.089	0.006207	2.2	31.54	991276.13	9.91	6.27	4.09E+05	0.019	1066.50	990209.63	9.90	0.011
03A-04A		1400	4	114.3	0.114	0.010261	5.3	8.73	991276.13	9.91	3.79	3.18E+05	0.018	81.56	991194.57	9.91	0.001
	04A-04B	1400	3	88.9	0.089	0.006207	2.2	31.54	991276.13	9.91	6.27	4.09E+05	0.019	1066.50	990209.63	9.90	0.011
04A		1400	4	114.3	0.114	0.010261	65.19	74.56	991276.13	9.91	3.79	3.18E+05	0.018	696.68	990579.45	9.91	0.007

Figura 15. Tramo de tubería de baja presión



Descripción de instalaciones eléctricas

Se deberán tomar en cuenta la instalación del equipamiento necesario requeridas para el suministro de energía eléctrica, sistemas de control de energía, trasferencia, transformación, descargas eléctricas y equipos necesarios para corregir el factor de potencia para tener una buena calidad en el suministro de la energía. Los equipos eléctricos distribuyen la energía desde la acometida de CFE hasta todos los sistemas operativos de la estación a través de circuitos y cableados. Los equipos utilizados para la distribución y transformación son los siguientes.

Equipo Eléctrico Primario	Cantidad
Subestación SIEMENS NEMA 3R 13.5 KVA	1
Transformador tipo pedestal PROLEC 300 KVA	2
Tablero TGN1 SIEMENS NEMA 3R	2
Banco de capacitores SIEMENS NEMA 3R 75 KVA	2
Tablero TG22 SIEMENS	1
Transformador tipo seco SIEMENS	1

Estos equipos alimentan a compresores, surtidores, contactos de servicio en oficinas, iluminación interior y exterior, anuncios luminosos, dispositivos de paros de emergencia, voz y datos, etc. Para cada compresor se deberá instalar un transformador o bien puede instalarse uno que tenga la capacidad de soportar el consumo de potencia de ambos motores de los compresores. Para la alimentación de oficinas se deriva un transformador seco del tablero TGN1.

Además, la estación deberá contar sistema de descarga de puesta a tierra, para protección ante cortos circuitos y descargas magnéticas atmosféricas. En caso de ser necesario se instalará un para rayos. Todos los puntos de puesta a tierra deberán estar interconectados y se deberán hacer las pruebas de resistencia para comprobar que todos los puntos tienen el mismo valor o se encuentran en un valor admisible de variación aceptados por la norma.

Todas las instalaciones deben cumplir con las especificaciones de la NOM-001-SEDE-2012(utilización).

Dispensarios Generales.

Se contará con 6 dispensarios. Los dispensarios inicialmente están certificados y calibrados por el fabricante, para el correcto funcionamiento de los mismos, estos se les programa el precio del gas natural por metros equivalentes a gasolina Magna y viene configurados por el fabricante para la presión de suministro que es de 200 bar.

Los dispensarios están conformados por dispositivos reguladores que al detectar una variación de presión fuera de los parámetros de funcionamiento, harán un paro para que se revise la presión y el correcto suministro del gas a los usuarios de la estación de gas natural comprimido. Los dispensarios, tienen un software que se comunica al sistema IT de la estación para cuantificar la venta y facturación del gas natural comprimido y a su vez este

software tendrá la información de cada cliente, a través de un chip que estará instalado en cada unidad que sea cliente de la estación de gas natural comprimido.

1.1.3. Proyecto Sistema Contra Incendios

Como medida de seguridad y protección contra incendios se instalarán extintores de polvo químico seco (PQS) manual, clase ABC de 9 kg de capacidad c/u y de CO₂ en los lugares siguientes:

Tabla 9. Extintores de la Estación de Servicio

Ubicación	Cantidad	Tipo	Capacidad
Oficinas	2	CO ₂	-
Local comercial	2	PQS	9 Kg
Estacionamiento locales	1	PQS	9 Kg
Taller	1	PQS	9 Kg
Exterior de ERM	1	PQS	9 Kg
Área de compresores y cascada	3	PQS	9 Kg
Exterior de caseta de tableros	1	PQS	9 Kg
Estacionamiento oficinas	2	PQS	9 Kg

Se cuenta 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. En el área de oficinas se tendrán también detectores de humo.

I.2. Descripción Detallada del Proceso

La operación de la estación de servicio no implica un proceso de transformación de materias primas; esto quiere decir que no existirá un metabolismo industrial, dado que las actividades tan sólo implicarán el abastecimiento de Gas Natural Vehicular (GNV).

La única materia que se manejará es el gas natural, la cual no se puede considerar como una materia prima propiamente dicho, en virtud de que no se utiliza para un proceso de transformación y no sufre ninguna transformación química. Debido a que se realizarán operaciones de transvase únicamente, no se generarán productos ni subproductos.

Tabla 10. Sustancias químicas peligrosas

Material riesgoso	Capacidad total en KG*	Cantidad de reporte (kg)	Tipo de almacenamiento	Equipo de seguridad
Gas natural	813.32	500 (como metano)	Cascada pulmón	Manómetros, válvula de seguridad y venteo, rótulos de seguridad.

* No se cuenta con tanque de almacenamiento, pero se considera el gas almacenado dentro del equipo cascada pulmón, el cual consta de 32 cilindros de 125 L hidráulicos, dando 4000 L y con una densidad del metano comprimido de 203.33 Kg/m³.

En este sentido, no existirá un verdadero proceso químico en el sentido estricto de la palabra, y la totalidad de las operaciones que se realizarán pueden resumirse de la siguiente manera:

El gas es entregado por la empresa Fenosa a través de un gasoducto de 3" de diámetro de acero negro al carbón con una presión de trabajo de 21 bar hasta una Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM), propiedad de la empresa distribuidora y que queda en custodia de la misma, donde la empresa distribuidora controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros.

En la sección de filtración, se encuentra un primer indicador de presión PI-100 acotados por la válvula de aguja NA-100, con rangos de medición de 0 a 21 Kg/cm² para tener la referencia de la presión de entrada a la ERM, Posteriormente se encuentra dos válvulas tipo esfera VA-100 y VA-101 (NA/NC). La ERM, está diseñada con dos líneas principales de filtrado y regulación, esto con la intención de ofrecer un servicio continuo, durante los periodos de mantenimiento de los filtros y/o reguladores. A la salida de la ERM se encuentra un filtro de 0,5 micras. A continuación se cuenta con dos ramales principales de regulación y está

provisto de una etapa de regulación en cada una, con regulación ANSI 300. Finalmente, la válvula Slam Shut cerrará por detección de contra presión para salvaguardar las instalaciones aguas arriba de este regulador con un punto de ajuste de 0.5 Kg/cm^2 , esto es, que al detectar una presión igual o superior a este valor por el cierre inesperado de válvulas aguas abajo o suspensión de consumos parciales, esta válvula cerrará de forma automática. Existe la posibilidad de que se presente un incremento de presión en el sistema debido a razones de operación, como la presurización en la línea debido a un paro general de la planta en sus equipos de consumo lo que ocasionaría un incremento de presión o por una falla en los elementos internos del equipo de regulación que pudieran afectar el rango de calibración en la presión de salida y esta se incremente. En cualquiera de estos casos cuando la válvula Slam Shut detecte el incremento de presión en un rango de 0.5 kg/cm^2 por encima de su presión de ajuste, esta bloqueará el paso del gas en el sistema por alta presión, de igual manera la válvula obstruirá el paso de gas. Si la causa de falla continua, esta misma válvula se bloqueará por alta presión y el sistema quedará protegido, esto con la finalidad de proteger las instalaciones del usuario, así como a los que dependen de este ducto de transporte y que pudieran verse afectados.

En la ERM se regula la presión del gas natural de 12 y 4 bar. A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura. Como el gas natural es usualmente conducido a las estaciones de distribución a través de gasoductos, y este puede estar en un rango de presión de 12 a 21 Kg/cm^2 (174 a 304 Psi), la cual es muy baja para su transportación terrestre y almacenamiento, el gas debe ser comprimido. Sin embargo, antes de comprimir el gas, este debe ser acondicionado, lo que significa retirar su posible alta concentración de vapor de agua a través de filtros coalescentes y adsorbentes o con un secador de gas, que es un recipiente relleno de un material secante que remueve la humedad del gas. Estos secadores de adsorción de agua son necesarios especialmente en las zonas donde las temperaturas más bajas se encuentran durante los meses más fríos del invierno; de no contar con estos equipos, los líquidos condensados se acumularían en los recipientes ocupando un volumen muerto y por ser líquidos afectarían la capacidad de compresión y además pueden llegar a provocar corrosión en el interior de los tanques de almacenamiento y tuberías, acelerando su envejecimiento y reduciendo el tiempo de vida del equipo.

Con el gas ya acondicionado, se pasa a la siguiente etapa del proceso que es la de compresión del gas, en donde se incrementa su presión hasta los 3,620 psi (248 bares) aproximadamente. Para lo anterior se cuenta con los equipos de compresión de gas natural.

Los compresores que se contempla instalar son del tipo pistón lubricado de 4 etapas de compresión, con una presión de succión variable de 4-7 bares, considerando una máxima presión de succión de 6.85 bar para poder operar con tubería de polietileno, y para dejar cierta tolerancia a la presión máxima permitida de 689 kPa. Se tiene un rango de operación de descarga en la primera etapa de 310 psi (21.37 bar) en la segunda de 830 psi (57.22 bar) y en la tercera de 1750 psi (120.66 bar) y finalmente en una cuarta etapa de 3600 psi. El trabajo de cada compresor esta operado por un Controlador Lógico Programable (PLC), que es una computadora industrial dedicada a controlar cada operación del sistema, la cual decide cuándo y cuantos compresores se requieren para mantener la presión de descarga. El sistema electrónico de los equipos de compresión requiere de una gran cantidad de elementos eléctricos y electrónicos de control, tales como sensores, transductores de presión y temperatura, indicadores de presión, temperatura, y nivel, válvulas con actuadores neumáticos, etc.

Los dispositivos con los que se monitorean los parámetros y condiciones de los equipos y de igual manera condiciones para provocar un paro de emergencia como puede ser detección de una concentración de mezcla de gas explosiva en el ambiente, altas temperaturas en las etapas de compresión, altas presiones de descarga, por alta y baja presión de succión, etc. Lo que significa que el sistema es inteligente y seguro.

Para operar gran parte de las válvulas automáticas, estas cuentan con actuador neumático las cuales requieren de aire comprimido para su operación, prácticamente todas son normalmente cerradas y requieren de aire comprimido para su apertura. El aire es controlado por válvulas solenoides que son comandadas al igual por el PLC, y ante la pérdida de energía eléctrica o pérdida de suministro de aire comprimido y al igual por la activación de algún paro de emergencia o situación de alarma de los equipos, las válvulas se cierran y el servicio se suspende de manera parcial o total.

Los equipos de compresión cuentan con un intercambiador de calor el cual permite enfriar por transferencia de calor a través de ventilación forzada el gas a la salida de cada etapa de compresión ya que el gas al ser comprimido y reducido su volumen la presión y la temperatura aumentan. Una vez que el gas es comprimido a una alta presión, está listo para

ser despachado o almacenado, teniendo siempre como prioridad el suministro a los surtidores de gas. El control de lo anterior se hace a través del Panel de Prioridades, que es un tablero con válvulas automáticas que direccionan el flujo del gas, que puede ser hacia la cascada de almacenamiento o hacia los surtidores.

El sistema de cascada de almacenamiento tiene como propósito fundamental el poder dar fluidez y velocidad de llenado, además de no requerir un trabajo continuo a los compresores. La función de todos estos elementos es controlada automáticamente por los PLC's localizados en cada paquete de compresión y cuando se tienen 2 o más equipos de compresión, se cuenta con un PLC Maestro localizado en el CCM principal, asignado a coordinar la operación y seguridad de todos los equipos. Los operadores de la estación pueden ver el estado de los equipos de compresión y modificar algunos de los parámetros de referencia (o set point) de operación a través de una interface al PLC, localizada en el tablero del CCM, llamado Panel View. Esta pantalla es el punto de inicio para la interface Hombre-Máquina, a través de unas teclas de función se puede tener acceso a la operación de ciertas válvulas y motores de forma manual, deshabilitando su operación automática, y con otras funciones se puede acceder a los valores de Set-Point de referencia los cuales permiten al usuario variar algunos de los parámetros de control como sea necesario, así también por medio de esta pantalla se pueden mostrar situaciones de alarma y también se puede tener conocimiento del historial de las mismas. Para el cambio de estos parámetros se requiere la autorización de un usuario experto.

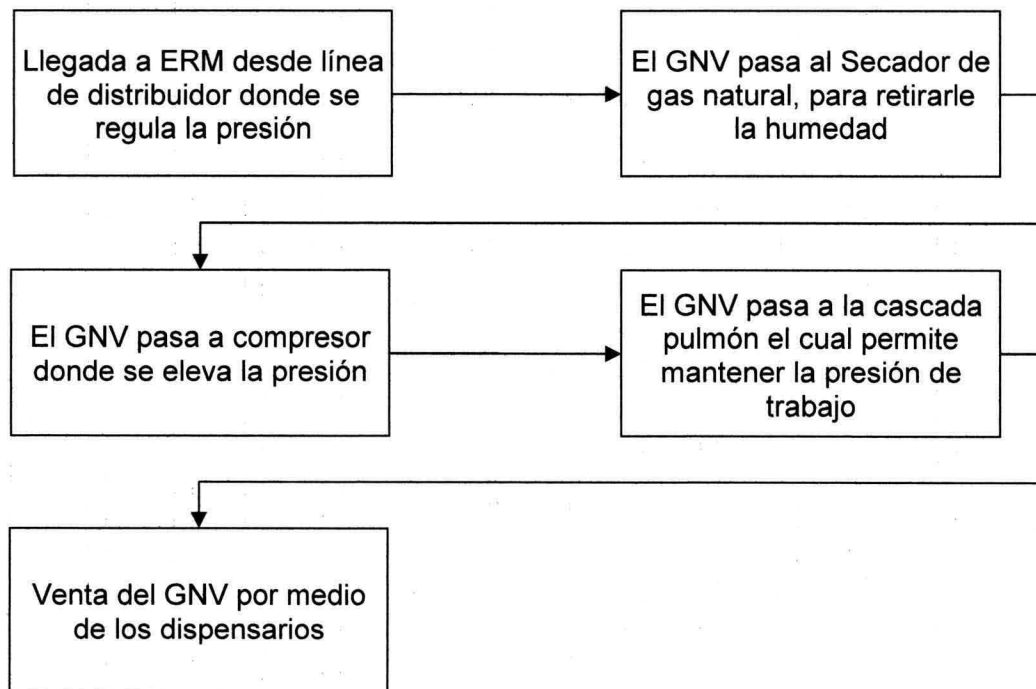
Los equipos de despacho llamados surtidores, inician el llenado primeramente enviando gas del banco bajo de almacenamiento a los tanques de almacenamiento móvil. Una vez que la presión comienza a igualarse (al igual que el flujo disminuye), el sistema de control del surtidor intercambia la fuente de gas al banco medio. Nuevamente, llenando hasta que la presión diferencial disminuye, entonces intercambia dando acceso al banco alto.

Finalmente, una vez que el flujo en el banco alto disminuye y no es suficiente para concluir la carga, el compresor arranca y comienza a llenar directamente a los tanques de la unidad móvil hasta llenarlo totalmente, para tener una presión de llenado final de 200 Bar o 2928 psi, puede existir una mínima variación en la medición de la presión ocasionada por las condiciones ambientales. El sistema de llenado con cascada de almacenamiento sirve para dar velocidad de llenado, y si consideramos que el almacenaje es mucho más grande que la

capacidad de los tanques móviles el número de arranques y paros de los compresores disminuye considerablemente.

La prioridad del lado del sistema de compresión es esencialmente lo contrario de la secuencia del sistema de llenado a surtidores. El flujo de los compresores es direccionado primero al banco de alta, después al banco de media y por último al banco de baja. Con lo anterior se asegura que el tanque de alta este siempre disponible para rellenar al máximo los cilindros de las unidades móviles, después de que los otros bancos hayan dado su presión disponible. La más alta prioridad de los compresores es el llenado en surtidores y posterior a esto el llenado del sistema de almacenamiento.

Figura 16. Diagrama de Flujo de operación de la estación de GNV



1.2.1. Hojas de Seguridad

La sustancia química involucrada en el proceso del proyecto es el gas natural comprimido, a continuación se proporcionan los datos de la hoja de seguridad.

GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)

SECCION 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto: GAS NATURAL COMPRIMIDO GNC

Proveedor: Gas natural Fenosa. Gas natural México.

Héroe de Nacozari Norte 2206, Morelos, 20140. Aguascalientes, Ags.

SECCION 2: COMPOSICIÓN / INGREDIENTES

Nombre Químico: Mezcla de Hidrocarburos: Metano, etano, propano.

Composición:

Material	%	No. CAS
Metano	88	74-82-8
Etano	9	
Propano	3	
Etil mercaptano	17-28 ppm	

SECCION 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta: Clase 2; Gas Inflamable.

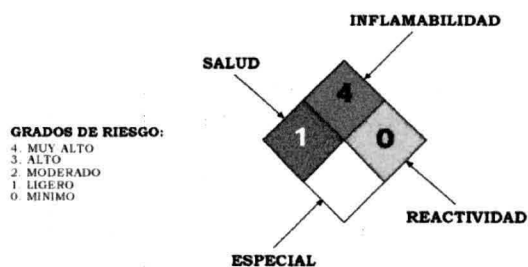
Identificación de riesgo:

Salud: 1

Inflamabilidad: 4

Reactividad: 0

Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704



Efectos de una sobreexposición aguda: Puede haber irritación a la piel.

Efectos adicionales: Pueden incluir náuseas, dolores de cabeza, mareos y congestión respiratoria. Asfixia por desplazamiento de oxígeno.

Inhalación: Desplazamiento del oxígeno a menos de 15% descoordinación muscular, fatiga, dificultad de respirar, náusea, vómito, muerte.

Contacto con la piel: Causa irritación, si el contacto se mantiene. Puede congelar.

Contacto con los ojos: Causa irritación y hasta daños oculares si la exposición es larga.

Ingestión: Causa náuseas, mareos y convulsiones.

Efectos de una sobreexposición crónica: Trastornos respiratorios, cutáneos, depresión del sistema nervioso central.

Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto: Las personas con afecciones respiratorias crónicas no deben exponerse al producto.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto accidental con el producto, proceda de acuerdo con:

Inhalación: Traslade al afectado al aire fresco y ayude a la respiración, si es necesario.

Contacto con la piel: Si se pega a la ropa por congelamiento, no desprenderla, atención médica

SECCION 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes de extinción:

Polvo químico seco, dióxido de carbono, Evite usar agua directa. Se puede usando neblina de alta o baja presión, para fuegos pequeños.

Procedimientos especiales para combatir el fuego:

Extinguir el fuego solo si es posible detener la fuga sin exponerse a un riesgo de quemadura o explosión, la aplicación del PQS debe ser en sentido del escape del gas y dentro de los 60 segundos iniciales del fuego, sino aplicar agua en chorro directo de la mayor distancia posible si los cilindros están expuestos al fuego (un enfriamiento violento puede causar ruptura de los cilindros de gas), pasar a neblina en etapa fuego bajo control y aplicar PQS para extinción final.

Equipos de protección personal para atacar el fuego:

Use equipo de protección respiratoria, guantes de cuero y lentes de seguridad en fuegos pequeños. Para fuegos mayores, utilice traje de bomberos, equipo de respiración autónomo de presión positiva. Idealmente aluminizados para resistir altas temperaturas.

SECCION 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material:

Elimine toda fuente de ignición y evite, si ello es posible, fugas adicionales del material. Evite el ingreso a alcantarillas y espacios confinados. Aleje a los curiosos y no permita fumar. Equipo de protección personal para atacar la emergencia. Use equipo de protección respiratoria autónoma depresión positiva (SCBA) o máscara Full FACE con filtros para vapores orgánicos, ropa de protección química, botas de goma y guantes de nitrilo o PVC. Aísle el área, mínima 100 m.

Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente: Evite el ingreso a alcantarillas y espacios confinados.

Métodos de limpieza: No aplicable.

Método de eliminación de desechos: No aplicable, gas más liviano que el aire.

SECCION 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Recomendaciones técnicas:

Los equipos eléctricos de trasvasije y áreas de trabajo deben contar con aprobación para las características de los combustibles Clase I División 1 (NFPA 70 y 52) en un radio de 3 metros.

Precauciones a tomar:

La ropa debe ser de fibra natural (algodón, lana) la fibra sintética genera electricidad estática. En caso de contaminación de la ropa con efecto de congelamiento, no desprenderla si se pega a la piel.

Recomendaciones específicas sobre manipulación segura:

No manipular ni almacenar cerca de llamas abiertas, calor, chispas, usar herramientas anti chispas.

Condiciones de almacenamiento:

Almacenamiento solo en recintos ventilados, segregado de todo material combustible y de acceso restringido.

Embalajes recomendados y no adecuados:

Los contenedores deben ser solo en cilindros certificados y aprobados por la autoridad competente.

SECCION 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN AMBIENTAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición:

Almacenar en recintos abiertos o con ventilación. Usar contenedores de alta presión aprobados para uso en vehículos.

Parámetros para control Límites permisibles para gas natural:

No tóxico, solo asfixiante por desplazamiento del oxígeno del aire.

Protección respiratoria:

No recomendable, por el alto riesgo de ingresar a ambientes altamente inflamables o explosivos. En caso de que la exposición será en un lugar abierto, use mascara Full FACE con filtro para valores orgánicos. Guantes de protección, protección adicional contra golpes o riesgo de congelamiento en escapes de gas.

Protección de la vista:

Lentes de seguridad, antiparras o protección facial (Full-Face) filtros VO.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Gaseoso.

Apariencia y olor: Gas incoloro, Olorizado con mercaptano para su detección.

Concentración: No aplicable.

PH: No aplicable.

Temperatura de descomposición: No hay datos disponibles.

Punto de inflamación: Aproximadamente -222 °C

Temperatura de auto ignición: 650° C.

Propiedades explosivas:

Límite inferior de explosividad = 4.5 %

Límite superior de explosividad = 14.5 %

Peligros de fuego o explosión:

Los vapores pueden desplazarse a fuentes de ignición y encenderse con retroceso de llama. Las mezclas vapores-aire, son explosivas sobre el punto de inflamación.

Densidad de vapor: 0,554 referido al metano (aire =1).

Densidad a 20 °C: N.A.

Gravedad específica: N.A.

Punto de fusión: -182 °C

Punto de ebullición: -160 °C.

Solubilidad en el agua y otros solventes: N.A.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable.

Condiciones que se deben evitar:

Altas temperaturas, chispas y fuego.

El sobrecalentamiento de los envases puede generar su ruptura violenta debido a la presión generada.

No exponer a sustancias altamente oxidante.

Incompatibilidad: Materiales oxidantes fuertes.

Productos peligrosos de la descomposición: No se descompone.

Productos peligrosos de la combustión: Se generan monóxido y dióxido de carbono. Posibles cantidades de dióxido de sulfuro y óxidos nitrosos.

SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda: No es tóxico, solo actúa por desplazamiento del oxígeno del aire. 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

SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad: Estable.

Persistencia/Degradabilidad: En fugas de gas estos son inflamables pero no es un producto dañino al medio ambiente.

El gas natural es un combustible limpio, los gases producto de la combustión, tienen escasos efectos adversos en la atmósfera. Sin embargo, las fugas de metano están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero, causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera (con un potencial 21 veces mayor que el CO₂). El gas natural no contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto en los residuos:

Quemar en forma controlada para evitar ambientes inflamables

Eliminación de envases/embalajes contaminados.

Antes de efectuar cortes "en caliente" de envases, neutralizar restos de combustible para evitar explosiones.

SECCION 14: NORMAS APLICABLES

Normas internacionales aplicables: IMO / UN: Clase 2.1 / 1971

Marca en etiqueta: Gas Inflamable/Clase 2/División 1

1.2.2. Almacenamiento

El proyecto no considera el almacenamiento del gas natural dentro de la estación, ya que se trata de una estación de suministro, pero se contará con una cascada de almacenamiento que consta de cilindros y permite mantener la presión de operación en los dispensarios.

El módulo de almacenaje permite almacenar GNC en 32 recipientes verticales ó cilindros y es de construcción soldada con una base de acero estructural construida con material resistente y protegido contra la corrosión que se pueda manejar como una sola pieza. Los recipientes están separados por una protección de hule, que impida el contacto entre sí.

Todos los cilindros cumplen con el estándar ISO 9809-1, fabricados con material 34CrMo4. Todos los recipientes están protegidos contra la corrosión por recubrimientos anticorrosivos o cualquier otro sistema equivalente que inhiba el ataque del medio ambiente.

Cada cilindro está montado verticalmente para permitir un fácil acceso de cada cilindro individualmente en caso de su mantenimiento, y cuenta con una válvula manual de aislamiento y se colocan válvulas de exceso de flujo para cada línea del módulo.

Se instalará en cada recipiente o por cada módulo, según su instalación, una válvula de corte de operación manual o automática de cierre rápido de acero inoxidable, adecuada a las condiciones de presión de operación.

El manómetro de cada línea será de escala 0/5000 psi, y la válvula de seguridad será ajustada a 4000 psi. Contará además con una línea de venteo con válvula de accionamiento manual y válvula de cierre rápido en cada línea.

En los recipientes no se aplicará ningún tipo de soldadura ni modificación alguna que no esté avalada en el diseño del fabricante.

El bastidor de la cascada de almacenamiento estará conectado firmemente a tierra física.

En la parte inferior de cada tanque, al igual que en la descarga, cuenta con una válvula de aislamiento unida con tubería de acero inoxidable para permitir el drenado de los condensados que pudieran acumularse con el tiempo.

En la siguiente tabla se indican las especificaciones del módulo de almacenaje

Tabla 11. Especificaciones del módulo de almacenaje (Cascada)

Equipo	Cascada de almacenamiento 250 bar GNC
Capacidad por cilindro	125 L
Capacidad en litros	4000 L
Cantidad de cilindros	32
Disposición	8 x 4 (Vertical)
Número de bancos	3
Presión de trabajo	250 bar
Presión de prueba	375 bar
Peso aproximado	6400 Kg

El módulo de almacenaje requerirá del siguiente mantenimiento:

- Revisión/repación de fugas de gas en válvulas y conexiones.
- Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión (realizando este servicio entre los 12 y 15 meses después del último servicio, consistiendo en el cambio guías, vástagos y sellos de la válvula, así como rectificación de los asientos de sellos).
- Aplicación de pintura para evitar la corrosión

d. Cada 5 años, revisión y verificación de los tanques (verificación de espesores y elongación del material, comparando contra las especificaciones del fabricante y certificados de pruebas realizadas por el mismo).

1.2.3. Equipos y Procesos Auxiliares

El sistema de la estación de servicio cuenta con los siguientes componentes:

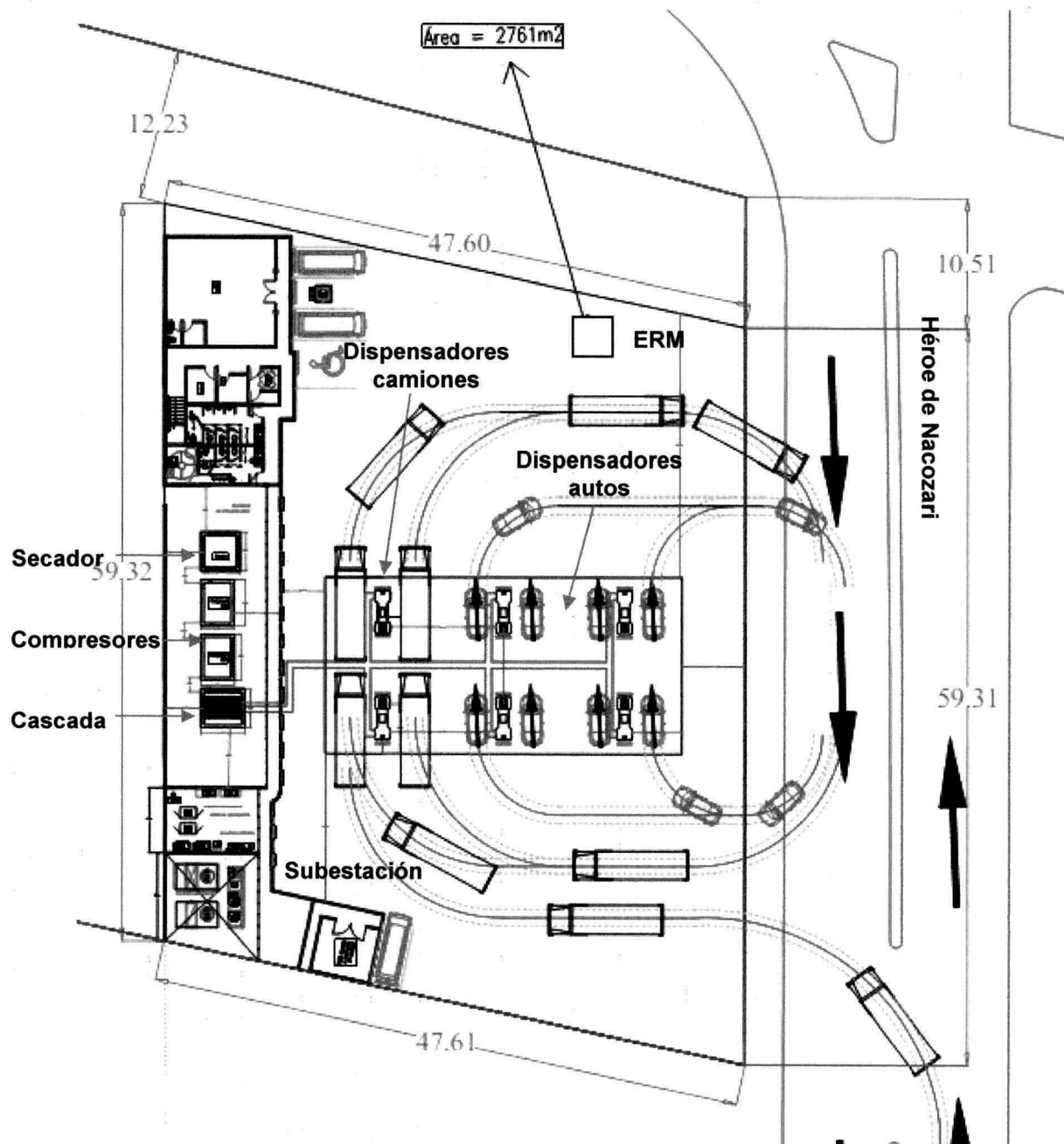
- Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).
- Filtros Coalescentes/Adsorbentes o Secadores de Gas Natural.
- Compresores de Gas Natural.
- Panel de Prioridades.
- Tanques de almacenamiento o Buffer.
- Surtidores.
- Subestación eléctrica.
- Transformador de Potencia.
- Tablero General y Distribución.
- Planta de Emergencia.
- Tablero de Transferencia.
- Centro de Control de Motores.
- Transformador de Distribución.
- Compresor de Aire
- Hidroneumático.

Estación de Filtración, Regulación y Medición (ERM).

El equipo ERM será propiedad de la empresa distribuidora y queda en custodia de la misma, donde la empresa distribuidora controla y mide las diferentes variables del suministro como son presión, volumen, flujo, poder calorífico, temperatura, entre otros. En la ERM se regula la presión del gas natural de 12 y 4 bar. A la salida de la ERM, el gas debe mantener una presión constante sin ser afectado por el flujo o temperatura. El tiempo estimado de uso es de 0 años, debido a que será instalado un equipo nuevo.

El cuarto donde se localizará la ERM contará con 23.06 m² de superficie, y se localizará en la esquina norte del predio, colindando con la Ave. Héroe de Nacozari. En la siguiente imagen se indica la localización de los equipos principales dentro de la estación de servicio.

Figura 17. Localización de los equipos dentro del arreglo general de la estación.



Compresores

Compresores CLEANENG 5750DA-300-3625-4AC_1 tipo pistón lubricado de 4 etapas.

- Diseño balanceado para menores vibraciones y bajo nivel de ruido.

- Intercambiadores de calor de alta eficiencia para las etapas intermedias de compresión y enfriamiento del gas descargado.
- Temperatura de salida del gas @ 5 °C sobre la temperatura ambiental.
- Fuerza motriz principal.
- Motor eléctrico de 250 HP, el cual cumple con las características establecidas en la NOM-001-SEDE vigente.
- Encendido con arrancador suave (para un reducido consumo al encender).
- Panel de instrumentos montado que muestra el estado del sistema, las presiones y las temperaturas.
- Control eléctrico (PLC) con indicadores del estado de la alarma. El PLC monitorea y controla todas las funciones del compresor incluyendo encendidos y apagados – tablero de PLC será remoto.
- Todas las conexiones de las tuberías son de acero inoxidable de tipo compresión de doble férula.

En la siguiente tabla se indican las características de diseño de los compresores

Tabla 12. Especificaciones de los compresores

Temperatura de entrada del gas	26 °C
Presión de succión (bar)	4- 7
Presión de descarga (bar)	250
Razón de flujo base	1409 m ³ /hr
Potencia (KW)	188
Potencia del motor (HP)	250

El compresor cuenta con un panel de control montado en el skid, con una pantalla de 8" a color, se suministra de energía la unidad principal, permite el monitoreo y control remoto; este panel muestra diferentes parámetros como: presiones de succión y descarga, alarmas, total de horas de trabajo, etc. Tiene la capacidad de apagar el equipo para su protección cuando se presentan alarmas de alta temperatura, alta/mínima presión de succión, alta presión de descarga e inter etapas, mínimo nivel de aceite, etc. Además de contar con un botón de paro de emergencia.

Los compresores se localizarán en la colindancia oeste del predio, dentro de un recinto al aire libre, resguardado con reja de acero y protecciones contra impacto en la cara a la estación y por la parte de atrás estarán protegidos con un muro de concreto de 3 metros de altura. El recinto también contará con detectores de mezclas explosivas que accionarán una alarma luminosa y sonora al alcanzar una mezcla de 0,5 (cero coma cinco) % en volumen de gas natural en aire. La ubicación específica se muestra en la figura 17.

Control y seguridad del compresor

Tuberías de gas

- Transmisor de presión (succión y descarga)
- Presión inter etapas
- Transmisor de temperatura del gas
- Transmisor de vibración
- Descarga manual
- Válvulas de seguridad
- Filtros coalescentes
- Dren automático de aceite
- Válvulas automáticas

Circuito de aceite

- Bomba accionada por motor independiente
- Calefactor eléctrico
- Válvulas check
- Trampas de gas
- Indicador de nivel visual
- Transmisor de temperatura
- Indicador de presión
- Válvula de seguridad

Panel eléctrico y de control

- 8" pantalla touch color
- Montado sobre el skid
- Suministro de energía de la unidad principal

Depósito de recuperación

El depósito de recuperación es un tanque a presión que acumula el gas del compresor cuando se apaga. También puede ser utilizado como un sumidero de condensado en sistemas con un filtro automático, y como drenar el sistema de lavado.

Para evitar la acumulación de los condensados del tanque, este necesita ser drenado cada 2 semanas.

Panel de prioridad

CNG Source proporciona un panel de control con válvulas y actuadores para priorizar el flujo de gas de los compresores de los tres bancos de almacenamiento con válvulas adicionales para la capacidad de llenado directo, y la prioridad de un compresor independiente para permitir que varios vehículos puedan llenar de manera ininterrumpida desde la descarga del compresor directamente al vehículo. Cuenta con válvulas de seguridad y botón de parada de emergencia para detener el flujo de gas desde el almacenamiento.

Los siguientes son sus componentes:

- Válvula electro-neumática
- Transmisor de temperatura
- Válvulas check
- Válvulas de seguridad
- Manómetro de presión
- Válvulas de descarga manual
- Transmisor de presión

Surtidores

Los surtidores son el punto de transferencia y despacho del GNC, y esta parte del proceso es la última dentro de la estación. Para realizar la transferencia, el surtidor cuenta con un arreglo de tuberías y válvulas que son controladas por una computadora dedicada dentro del mismo surtidor, la cual permite controlar el llenado de manera segura, este sistema monitorea la presión de llenado, la temperatura ambiente y del gas, calcula la capacidad de la unidad a llenar para la suspensión del llenado, administra el volumen de gas despachado parcial y acumulado, corrige por temperatura el volumen y presión despachado para evitar un sobrellenado.

El surtidor cuenta con un medidor de flujo másico, el cual cuantifica el volumen de gas despachado para su administración. El flujo de gas es controlado a través de válvulas automáticas operadas con solenoides eléctricas a prueba de explosión.

Todo el sistema eléctrico y cableado es a prueba de explosión y parte de este se encuentra resguardado en un gabinete de estas características. Para evitar que el gas se retorne cuenta con válvulas check en cada línea de llenado. Como elementos de seguridad se cuenta con una válvula de relevo de presión instalada en la descarga del surtidor, la cual permite liberar el exceso de presión al ambiente. Y a través de la electrónica del surtidor y del mismo medidor de flujo másico, el surtidor se protege por un posible exceso de flujo (como puede ser alguna fuga por fractura de tuberías o rotura en las mangueras de llenado) realizando el cierre de las válvulas, bloqueando inmediatamente el flujo de gas. Así también en el acoplamiento de la manguera flexible de llenado al surtidor, se tiene un elemento mecánico que permite desprender la manguera del surtidor, bloqueando inmediatamente el flujo gas ante un jalón excesivo de esta. Una de las características de la manguera es que es conductora de electricidad, la cual está permanentemente conectada a tierra para evitar descargas de la energía estática provocada por el flujo y la fricción del gas.

El mantenimiento necesario de este equipo es el siguiente:

- a. Cada vez que se requiera intervenir por mantenimiento, es indispensable por seguridad aislar y despresurizar completamente el equipo, y tomar las precauciones necesarias por si alguna tubería o elemento haya quedado obstaculizado con gas a alta presión. No confiarse esta presión de gas es muy peligrosa y puede causar daños severos a las personas o equipos.
- b. Revisar/corregir fugas de gas en elementos y conexiones.
- c. Revisar/corregir posibles congelamientos en regulador de presión o válvulas.
- d. Verificar/cambio de manómetros de surtidores.
- e. Revisar/cambio de posibles daños en mangueras flexibles de llenado.
- f. Revisar/cambio de conexión de llenado
- g. Revisar a través del manómetro que el surtidor se mantenga presurizado permanentemente, de lo contrario buscar fuga.

- h. Mantenimiento anual de la válvula de relevo de presión (realizando este servicio entre los 12 y 15 meses después del último servicio, consistiendo en el cambio guías, vástagos y sellos de la válvula, así como rectificación de los asientos de sellos).

Accesorios de Seguridad

Existen botones de paro de emergencia en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, 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 originó el paro de los equipos.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010

Los surtidores cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión y temperatura, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento

de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frío, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente.

Además cada surtidor deberá contar con un desfogue que habrá de colocarse a 0.7 m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidores, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia

1.2.4. Pruebas de Verificación

De acuerdo a la NOM-010-SECRE-2002, toda tubería que conduzca gas debe ser objeto de una prueba de hermeticidad antes de ser puesta en servicio, dicha prueba será realizada por personal de una unidad de verificación acreditada, la cual emitirá el dictamen correspondiente. Para efectuar las pruebas de hermeticidad pueden ser realizadas con agua (hidrostática), o aire (neumática).

En el caso de la estación, la prueba será realizada una vez terminada su instalación y antes de iniciar operaciones.

La prueba hidrostática en las estaciones se realiza para verificar la hermeticidad de las líneas de alta presión y de sus componentes. Los recipientes de GNC deben contar con el certificado de pruebas que haya realizado el fabricante.

Esta prueba se aplica para confirmar que las conexiones y materiales empleados en la fabricación de las líneas y componentes utilizados en la estación resisten sin fuga el esfuerzo producido por el agua a presión.

La prueba se realiza instalando una bomba hidráulica con manómetro, registrador, válvulas, tubería, conexiones y mangueras en forma tal que propicie que el agua llene completamente la parte del sistema o componentes que van a ser probados; retirando previamente los discos de ruptura, válvulas de relevo, recipientes e instrumentos que se puedan dañar.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Se debe llenar completamente con agua la parte del sistema y elementos que van a ser probados, eliminando el aire que pueda estar dentro de ellos;

- b) Se eleva gradualmente la presión del agua hasta alcanzar aproximadamente la mitad de la presión de prueba;
- c) Se incrementa presión del agua a intervalos de 0,1 (cero coma uno) veces cada diez minutos, hasta que ésta alcance 1,5 (uno coma cinco) veces la presión de operación, se aísla la parte del sistema bajo prueba y se verifica mediante la gráfica tiempo o presión, que la presión se mantiene por lo menos treinta minutos, y
- d) Se debe reducir la presión del agua de 1,5 (uno coma cinco) a la presión de operación y se verifica con el registro gráfico que la presión se mantiene durante 24 horas, para permitir la inspección en todos los puntos de la línea y conexiones

Se debe verificar que no existan fugas, corroborando esto mediante la gráfica del registrador de presión. En el caso de presentarse alguna fuga debe ser reparada, y se debe probar nuevamente la sección hasta comprobar su hermeticidad.

A su vez, por tratarse de un recipiente sujeto a presión, la cascada pulmón deberá cumplir con lo establecido en la NOM-122-STPS-1996, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y generadores de vapor o calderas que operen en los centros de trabajo.

1.3. Condiciones de Operación

Balance de Materia

El flujo de gas natural por el sistema de tuberías del proyecto se realiza como una operación unitaria, es decir, no existen reacciones químicas en el proceso, por lo que no se tendrá consumo de otros insumos en su operación, y por lo tanto, no se tendrá generación de residuos peligrosos ni emisiones contaminantes al aire y agua.

Temperaturas y presiones de diseño y operación

El gas natural provendrá de la línea del distribuidor a una presión de 21 bares. A la llegada a la ERM, se realizará la regulación del gas a 7 bares de presión y 20 °C, y después se comprime nuevamente hasta 250 bares, para poder tener una presión de 200 bares que es la presión de trabajo de los dispensadores.

En la siguiente tabla se indican otros parámetros de la ERM

Tabla 13. Parámetros de operación y diseño de la ERM

Parámetro	Valor
Caudal máximo de la ERM	67,200 m ³ /d
Flujo mínimo de la ERM	2,500 m ³ /d
Flujo promedio de la ERM	65,216 m ³ /d
Presión máxima de diseño	14 bar
Presión de entrada máxima	14 bar
Presión de entrada mínima	4 bar
Presión de salida máxima	7 bar
Presión de salida mínima	4 bar

La estación de servicio tiene las siguientes capacidades de operación.

Tabla 14. Parámetros de operación de la Estación de servicio

Descripción	Capacidad	Unidad	Rango de operación
Presión de trabajo		Bar	250
Compresor	2	Pza.	

Descripción	Capacidad	Unidad	Rango de operación
No. de mangueras	14	Pza.	14
Q. máx. EDS/día		m ³ /día	67,200
Carga por autobús		m ³	239
No. de autobuses por día		Unidades	159
No. de cargas por día	1	Veces	1
Carga total de autobuses		m ³ /día	38001
Carga por auto particular		m ³	13
No. de autos por día		Unidades	1123
No. de cargas por día	2	Veces	2246
Carga total de autos		m ³ /día	29198
Flujo total EDS		m³/día	67,199
Autos promedio cargados por manguera		Unidades/hr	46.79
Autobuses promedio cargados manguera		Unidades/hr	7

1.3.1. Especificación del cuarto de control

El tablero del CCM debe estar ubicado en un área no peligrosa y tiene que ser firmemente conectado a tierra física.

Las características del cuarto eléctrico son las siguientes:

- Debe localizarse fuera del área de compresores, alejado por lo menos a 3 metros de distancia de los equipos.
- Se recomienda la instalación de ventilación forzada positiva.
- La puerta de acceso debe ser controlada y ubicada a contra flujo de los vientos dominantes.
- El cuarto debe ser construido de tal manera que garantice no ser afectada por los elementos naturales de la zona (como lluvia, vientos, inundaciones, sismos, etc.).
- Debe contar con la iluminación suficiente y necesaria para su correcto mantenimiento, considerando iluminación de emergencia.
- Debe contar con suficiente ventilación.

1.3.2. Sistemas de Aislamiento

Como dispositivos de seguridad se cuenta con botones de paro de emergencia en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados desenergizan totalmente los sistemas de compresión, 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 originó el paro de los equipos.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010.

Los surtidores cuentan con un medidor de flujo másico y un computador que le permite calcular el volumen de gas transferido, así como compensar el gas por presión y temperatura, ya que debido a la fricción el gas eleva su temperatura expandiendo sus partículas e incrementando su presión y por consecuencia reduciendo la capacidad de almacenamiento de los cilindros móviles. Y al igual si el clima fuera extremadamente frío, el gas se compactaría y el tanque se llenaría con un mayor volumen que pondría en riesgo la capacidad de presión del tanque al expandirse el gas con el incremento de la temperatura ambiente.

Además cada surtidor contará con un desfogue que habrá de colocarse a 0.7 m sobre el nivel de la techumbre del área de surtidores, válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia.

Se contará además con un depósito de recuperación, que es un tanque a presión que acumula el gas del compresor cuando se apaga. También puede ser utilizado como un sumidero de condensado en sistemas con un filtro automático, y como drenaje del sistema de lavado. Los condensados del tanque necesitan ser drenados cada 2 semanas.

1.4. Análisis y Evaluación de Riesgos

1.4.1. Antecedentes de Accidentes e Incidentes

La distribución de gas natural es considerada una actividad peligrosa, dadas las características particulares de este material combustible, de las que se destacan su inflamabilidad y por otro lado, se tiene la característica de que su densidad relativa sea menor al compararla con el aire.

Algunos de los accidentes ocurridos en México relacionados con gas natural son:

Explosión por fuga de gas en Coyoacán (Fuente: El Universal en línea)

El 4 de Diciembre del 2015 ocurrió una explosión en una vivienda en la Delegación Coyoacán. El estallido ocurrió a las 21 hrs debido presuntamente a una mala maniobra en una tubería por parte de trabajadores contratados por la empresa Gas Natural Fenosa.

La explosión dejó a 4 personas heridas, incluidos los trabajadores, mientras que dos casas dúplex resultaron con serios daños, siendo evacuados los vecinos del lugar.

Fuga de gas natural en ducto en Azcapotzalco (Fuente: El Financiero en línea)

El 13 de Mayo del 2015, una tubería de gas natural fue fracturada durante obras de construcción en calles de la colonia Santa Catarina de la Delegación Azcapotzalco.

La ruptura generó una fuga de gas que duró 2 horas hasta ser controlado por los bomberos. Debido a esto, se realizó el desalojo de habitantes de quinientos metros a la redonda, unas cinco manzanas, aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia.

La válvula fue cerrada y bomberos esperaron a que la presión del gas disminuyera, mientras que con mangueras y agua evitaban que el gas se esparciera. No se reportaron personas lesionadas

Explosión en tubería de gas natural en San Pedro, N.L. (Fuente: La Jornada en línea)

El 07 de Agosto 2014, una explosión e incendio de gas natural en el sector Valle Oriente de San Pedro Garza García, en la zona metropolitana de Monterrey, causó alarma y dejó sin electricidad esa zona.

La zona donde se registró el incendio, con llamas que alcanzan los 10 metros de altura, es un área despejada con una excavación de 15 metros de profundidad donde se erigirá el centro comercial Fashion Drive y es poco concurrida por peatones.

De acuerdo con los reportes oficiales, la tubería dañada es la principal que abastece de gas natural al sector y resultó afectada al caerle una barda encima, la cual colapsó porque la tierra quedó reblandecida por recientes lluvias.

Testigos de los hechos refieren que se escuchó una fuerte explosión que cimbró las ventanas de los edificios aledaños e interrumpió el servicio eléctrico; posteriormente se escucharon otras explosiones menores.

En este evento no hubo lesionados pero si hubo daños materiales, las cuales fueron 3 vehículos que se encontraban cerca y el carril lateral de la avenida Lázaro Cárdenas.

Cerca de dos mil personas fueron desalojadas de los inmuebles contiguos durante los primeros minutos del siniestro, registrado a las 10:00 horas; una hora más tarde volvieron a sus lugares de trabajo cuando los cuerpos de auxilio determinaron que el alcance del incendio no los ponía en peligro.

Explosión de ducto de gas natural en Cuautitlán Izcalli (Fuente: Crónica.com.mx)

El 13 de Septiembre del 2008 ocurrió una explosión de gas natural provocada accidentalmente por trabajadores de la empresa OHL, quienes golpearon un ducto al realizar trabajos de perforación para la construcción de un puente vehicular, resultando dos personas lesionadas y el desalojo de poco más de cinco mil habitantes.

En el estallido, que levantó llamas de hasta 40 metros de altura, resultaron lesionados el operador de la perforadora, y otra persona que transitaba por el lugar. De acuerdo con informes de Protección Civil del Estado de México, la explosión, registrada a las 8:10 horas en el kilómetro 34.5 de la autopista México-Querétaro, no fue de peligro, aun cuando hubo momentos en que se registraron llamas de hasta 40 metros, por la ruptura del ducto de gas de 10 pulgadas de diámetro de la empresa Gas Natural de México S.A. (Diganamex). Se desalojaron 150 alumnos de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, así como de dos escuelas primarias cercanas al lugar del accidente, y un poco más de 5 mil habitantes de colonias aledañas al lugar del accidente.

Una hora después del estallido, la flama se redujo hasta dos metros de altura, debido a que la empresa Diganamex cerró la válvula a la altura de Venta de Carpio.

Fuga en gasoducto ubicado en el Distrito Federal (Fuente: El Economista en línea)

El día 10 de mayo del 2009, se presentó una fuga de gas natural en la colonia CTM Culhuacán sección V, Delegación Coyoacán, la cual fue controlada por elementos del cuerpo de Bomberos.

Los vecinos y peatones fueron los que reportaron un olor a gas en la zona, movilizand o a los bomberos y Protección Civil, los cuales ubicaron una fisura en un tubo alimentador de gas natural de 4 pulgadas de diámetro.

Como medida preventiva se desalojó a 65 personas de un edificio habitacional cercano y de un plantel de nivel preescolar.

1.4.2. Metodologías de Identificación y Jerarquización

Para la identificación de riesgos se aplicó el análisis de riesgos por medio de la técnica ¿Qué pasa si? o What If? El análisis ¿Qué pasa si? 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.

Tabla 15. Índice de severidad

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

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

Tabla 16. Índice de Frecuencia

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

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.

Tabla 17. Matriz de Jerarquización de riesgos

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

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

Tabla 18. Índice de riesgo

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.

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

Tabla 19. Eventos identificados en el proyecto

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
Suministro de gas natural desde línea del proveedor a ERM	1. La conexión de la línea de suministro con la Estación de regulación y medición 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	3
	2. Ocurre un incremento en la presión del gas de la línea de suministro y la válvula slam shut 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	3
	3. Falla en los reguladores de presión de la ERM	Sobre presión en equipo, pudiendo causar daños en sus componentes, lo cual puede llevar a fugas	1	3	3

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
	4. Daño en tubería de suministro previo a la entrada a la ERM debido a movimiento de suelo por falla cercana	Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión	1	4	4
	5. Ocurre un daño en la tubería de suministro previo a la entrada al ERM por sabotaje o vandalismo	Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión	2	4	8
	6. Malfuncionamiento del medidor de flujo de la ERM	Se generarán errores al contabilizar el volumen de gas que pasa por el equipo	1	1	1
	7. Falla en el mecanismo de la válvula de corte	En caso de un problema, no podría cortarse el suministro de gas natural a la estación	1	2	2
Suministro del gas natural de la ERM a equipos de compresión	8. Daño en tubería de gas desde el ERM a equipos de compresión por sabotaje o vandalismo	Fisura o ruptura con posibilidad de fuga masiva de gas natural a alta presión	1	4	4
	9. Daño en rejilla protectora de trinchera de línea de alta presión	Posibilidad de daño en línea de gas natural y posible fuga	2	2	4
	10. No se cumple con el mantenimiento a la tubería	Puede presentarse corrosión en las tuberías	3	1	3
Compresión del gas natural	11. Alguno de los coples o uniones de los equipos no están bien unidos	Posibilidad de fuga del gas natural	2	2	4
	12. 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
	13. 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
	14. Existe una fractura en las líneas de conducción de gas.	Fuga de gas natural a alta presión	1	4	4
	15. Algún compresor funciona mal durante la compresión	No se tendría suministro de gas natural debido a que se activarían los instrumentos de seguridad.	2	2	4

Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
	16. Falla el suministro de energía eléctrica	El sistema de control fallaría y se tendría que realizar de forma manual.	3	2	6
	17. Una persona opera de forma inadecuada los compresores	Modificación de las características del flujo de salida del gas natural.	3	2	6
	18. 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
	19. Existen fallas en las conexiones al sistema de "tierra".	En casi 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
Cascada pulmón	20. Corrosión en uno de los cilindros	Posibilidad de fisura y por consiguiente, una fuga de gas a alta presión	1	3	3
	21. Sobrepresión al interior de la cascada pulmón	Se activa la válvula de seguridad y libera gas natural a la atmósfera por medio de un venteo	2	3	6
	22. Falla en válvula de seguridad de la cascada	Posibilidad de explosión de los cilindros debido a un incremento de la presión	1	4	4
	23. La presión del gas en el pulmón no es la de operación	Variaciones en el tiempo de arranque y paro del compresor, lo cual puede llevar a un daño en el compresor	2	2	4
	24. 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	4
	25. Un vehículo choca contra el recinto, dañando la cascada pulmón	Fuga masiva del contenido y posibilidad de un incendio o explosión	1	4	4
	26. Rotura o daño en válvula de salida de la cascada pulmón	Fuga del gas natural contenido en la cascada de almacenamiento	2	4	8
Línea de gas a natural dispensarios	27. Daño en rejilla protectora de trinchera de línea de alta presión	Posibilidad de daño en línea de gas natural y posible fuga	2	2	4

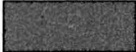
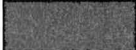
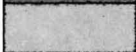
Etapa	¿Qué pasa si?	Consecuencia	F	S	R
Distribución en dispensarios	28. Ocurre un exceso de flujo y falla la válvula check de retorno a la cascada pulmón	Retorno de gas a alta presión a la cascada pulmón, lo cual puede causar daños en sus componentes o activar la liberación de gas por la válvula de seguridad	2	2	4
	29. No se cumple con el mantenimiento a la tubería	Puede presentarse daño en las mangueras	3	1	3
	30. Un vehículo golpea un dispensario	Posibilidad de fuga de gas natural en línea hacia dispensario dañado	3	2	6
	31. No se realiza correctamente la conexión de la boquilla del surtidor con la válvula de carga del vehículo	Posibilidad de fuga de gas natural durante la carga al vehículo	2	2	4
	32. Ocurre un incendio cerca o en uno de los dispensarios	Posibilidad de incendio o explosión del gas contenido en la tubería.	1	4	4
	33. Falla la válvula de seguridad durante el llenado de cilindro de vehículo	Sobrellenado o sobrepresión en cilindro del vehículo con posibilidad de fuga	1	3	3
	34. Falla la válvula de corte de flujo en uno de los dispensarios	Fuga de gas natural en manguera de despacho	2	3	6

Resumen de la jerarquización de riesgos:

Tabla 20. Matriz de Jerarquización de Riesgos

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

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:

Tabla 21. Niveles de Riesgo

Categoría de Riesgo	Eventos
1. Riesgo aceptable	1, 2, 3, 6, 7, 10, 12, 13, 19, 20, 29, 33
2. Riesgo aceptable con controles	4, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 34
3. Riesgo indeseable	5, 26

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 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.

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

II.1. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN

Como se pudo observar en la evaluación realizada, la operación del manejo de gas natural resulta muy confiable bajo condiciones normales de operación y respetando las medidas de seguridad implementadas, por lo que la probabilidad de eventos de riesgo es poca, pues el sistema está diseñado en sus diferentes áreas con dispositivos de respuesta rápida los cuales evitan o reducen al mínimo problemas de fugas, sobrepresión, exceso de flujo o falta de flujo.

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 daño en línea de suministro
2. Fuga de gas debido a daño en tubería de salida de tanque pulmón

Para los cuales se simularán los siguientes riesgos:

- a) Área tóxica de nube de gas liberado
- b) Explosión de nube de gas generada por fuga y al exponerse a una fuente de ignición.
- c) Incendio de nube de gas liberado

Se utilizará para ello el software ALOHA de la USEPA, el cual se describe a continuación.

Modelación de eventos utilizando el software ALOHA ®

El programa ALOHA puede modelar escenarios de incendios y explosiones, así como de dispersión de una nube de gas contaminante en la atmósfera. Entre los escenarios que se pueden modelar se encuentran los Jet Fires, Pool Fires, BLEVEs, Áreas Inflamables (donde puede ocurrir un Flash Fire) y Explosiones de Nubes de Vapor.

En el caso de la explosión de la nube de vapor, esta se considera cuando el químico inflamable liberado forma una nube de vapor, se dispersa mientras se desplaza en la dirección del viento, alcanza una fuente de ignición y si la porción de la nube tiene concentraciones en el rango de inflamabilidad, se encenderá. La velocidad a la cual la flama se mueve a través de la nube determinará si es una deflagración o una detonación. En ciertas ocasiones, la nube se quemará tan rápido que formará una fuerza explosiva. La severidad de la explosión dependerá del químico, el tamaño de la nube al momento de la ignición, el tipo de ignición y el nivel de congestión dentro de la nube.

A fin de determinar los radios de afectación, se considerarán los parámetros, los cuales están incluidos en los criterios de la Guía de Semarnat.

Toxicidad

El gas natural se considera un asfixiante simple que no tiene toxicidad sistémica, por lo que no cuenta con parámetros específicos como TLV o IDLH, por lo que para efectos de cálculo, se utilizarán los parámetros utilizados para el gas metano, el cual conforma aproximadamente el 88% de la composición del gas natural. De acuerdo a la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) el IDLH para sustancias inflamables que no se consideran tóxicas, el nivel del índice letal se calcula para el 10% del límite inferior de inflamabilidad. Para el caso del gas natural se tomó la información del TLV de la Chemical Safety Card (ICSC) para el metano.

- Valor umbral para zona de Riesgo: 5000 ppm (IDLH)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 1000 ppm (TLV)

Radiación térmica

- Valor umbral para zona de Riesgo: 5 KW/m² (Quemaduras de 2° en 60 min)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 1.4 KW/m² (Deshidratación de la madera)

Sobrepresión:

- Valor umbral para zona de Riesgo: 1 PSI (Derribo de personas, demolición parcial de casas que quedan inhabitables)
- Valor umbral para zona de Amortiguamiento: 0.5 PSI (Destrucción de ventanas con daño a los marcos)

Para definir los escenarios a simular se tomaron los siguientes parámetros:

- **Velocidad del viento:** De acuerdo a los datos meteorológicos, la velocidad del viento promedio en la zona es de 3.252 Km/hr, lo cual en m/s es 0.9.
- **Dirección del viento:** 241.3 (SO)
- **Temperatura:** Se utilizará la temperatura media promedio, la cual es de 18.51°C
- **Humedad relativa:** 47%
- **Hora:** Se considerará que los eventos ocurrirán durante la noche, a las 21 hrs.

- **Rugosidad del terreno:** Se utilizó la opción urbano o bosque, aunque por el tipo de sustancia no tiene efecto significativo en el resultado.
- **Nubosidad:** Se manejará el valor estándar de 5/10
- **Tipo de dispersión:** Gaussiana (por ser el gas más ligero que el aire)
- **Estabilidad Atmosférica:** Para la selección de la estabilidad atmosférica se tomó en consideración la situación más estable que sea consistente con la velocidad de viento utilizada. De acuerdo a la Clasificación de Estabilidad de Pasquill, para la noche con velocidades inferiores a 2 m/s la estabilidad corresponde a la letra F, muy estable (Ver Figura 18).

Figura 18. Clasificación de la atmósfera, según las clases Pasquill

Velocidad del viento U_{10} (m/s)	Radiación solar			Horas de noche	
	Fuerte	Moderado	Débil	Fracción cubierta de nubes	
				$\geq 1/2$	$\leq 1/2$
< 2	A	A - B	B	E	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Además, de acuerdo a la guía de elaboración del estudio de riesgo, se considerará lo siguiente:

- Por manejarse material peligroso por medio de tubería, considerar una fuga de un orificio del 20% del diámetro nominal y la ruptura total de la misma
- En caso de equipos de proceso y tanques de almacenamiento, considerar la liberación masiva de toda la sustancia almacenada.

Tomando en cuenta todas las consideraciones anteriores, a continuación se presentan los eventos simulados.

EVENTO HIPOTÉTICO 1: FUGA DE GAS DE TUBERÍA DE LÍNEA DE SUMINISTRO (ORIFICIO DEL 20% DE DIÁMETRO NOMINAL)

Se considera la fuga de gas natural en el tramo de la línea de distribución previo a la estación de regulación y medición (ERM), por un orificio del 20% del diámetro de la tubería; además, para efectos de cálculo se considera que la tubería tiene una longitud de 30,000 m (longitud máxima permitida por el programa) para simular que está conectada a una fuente infinita de gas, esto debido a que el programa sólo permite esta opción para calcular a un tamaño específico de orificio de fuga.

Cabe señalar que la ERM se encontrará dentro de un cuarto, lo cual limitaría la dispersión del gas natural fugado, pero para efectos de calcular los escenarios de riesgo, se consideró que la fuga se localiza al exterior sin ningún obstáculo.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Tubería de gas
- **Diámetro de tubería:** 3" (Diámetro de la tubería del gasoducto del distribuidor).
- **Presión del gas:** 21 bar = 304.579 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tamaño del orificio:** 20% del diámetro de tubería, 0.6 in de diámetro, 0.283 in²

1.1. TOXICIDAD POR FUGA DE GAS NATURAL

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

Tabla 22. Resultados de Evento Hipotético 1.1

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	36.5 kg/min
Cantidad liberada	1,249 Kg
Radio Zona de riesgo (IDLH 5000 ppm)	140 m
Radio Zona de amortiguamiento (TLV 1000 ppm)	332 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
¹ El programa realiza automáticamente dicha limitación para efectos de cálculo. En caso de suceder un evento de este tipo, es probable que el tiempo de liberación sea menor ya que se procedería a cerrar una válvula de seccionamiento.	

RESULTADOS DE SIMULACIÓN**ALOHA 5.4.6 - [Text Summary]** **File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help****SITE DATA:**

Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied)
Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol
LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm
Ambient Boiling Point: -160.8° 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)

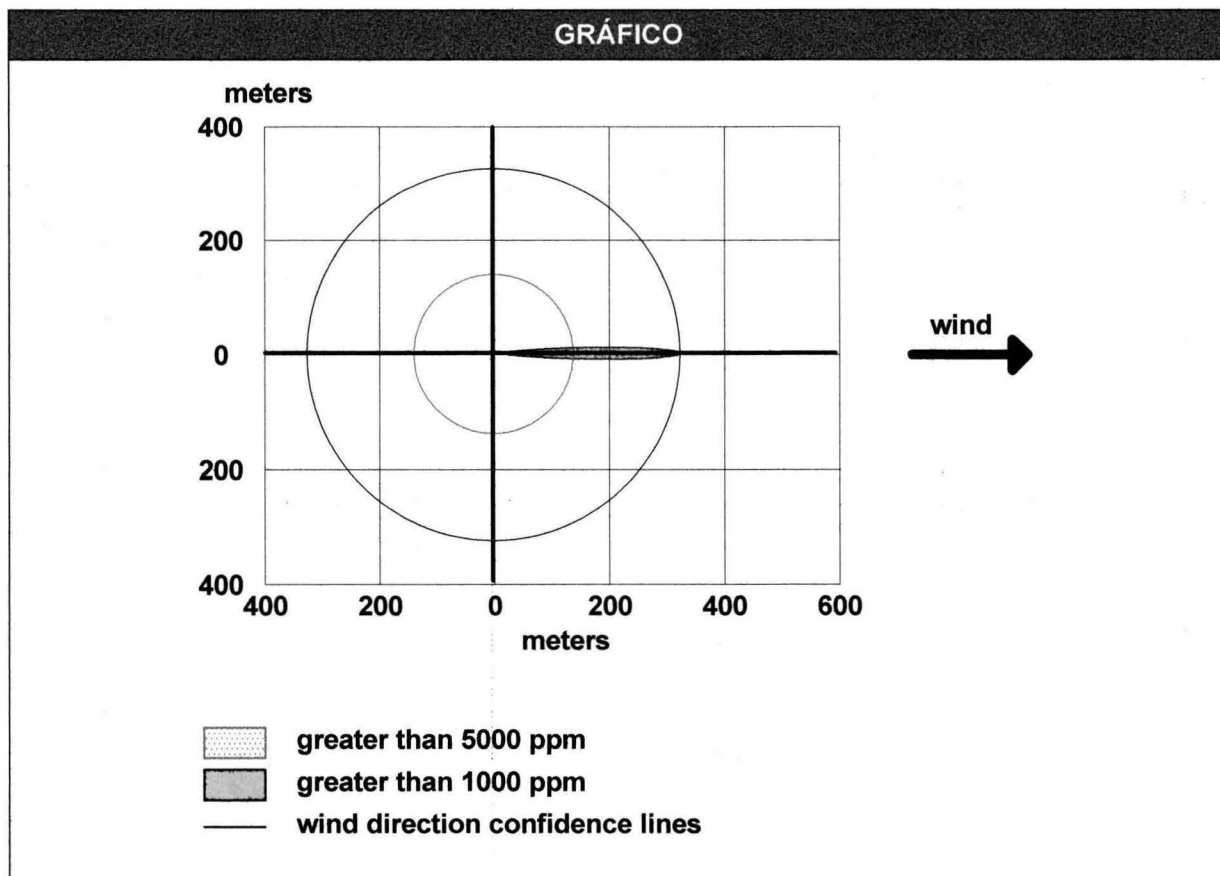
Wind: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 47%

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
Unbroken end of the pipe is closed off
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.283 sq in
Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 36.5 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,249 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 140 meters --- (5000 ppm)
Yellow: 332 meters --- (1000 ppm)



Como puede observarse en el gráfico, a pesar que los radios de riesgo son altos, por las características del gas (más liviano que el aire), el viento tiene una gran afectación en la dispersión del químico, siguiendo prácticamente una línea recta en dirección del viento, lo cual nos indica que en caso de una fuga, es necesario conocer la dirección del viento para poder determinar que establecimientos o lugares corren riesgo y poder notificarles oportunamente.

1.2. DETERMINACIÓN DE NUBE EXPLOSIVA

Tabla 23. Resultados de Evento Hipotético 1.2

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	36.5 kg/min
Cantidad liberada	1,249 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	50 m

NOTAS Y OBSERVACIONES
¹ 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 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 50 m hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 11 m a lo ancho

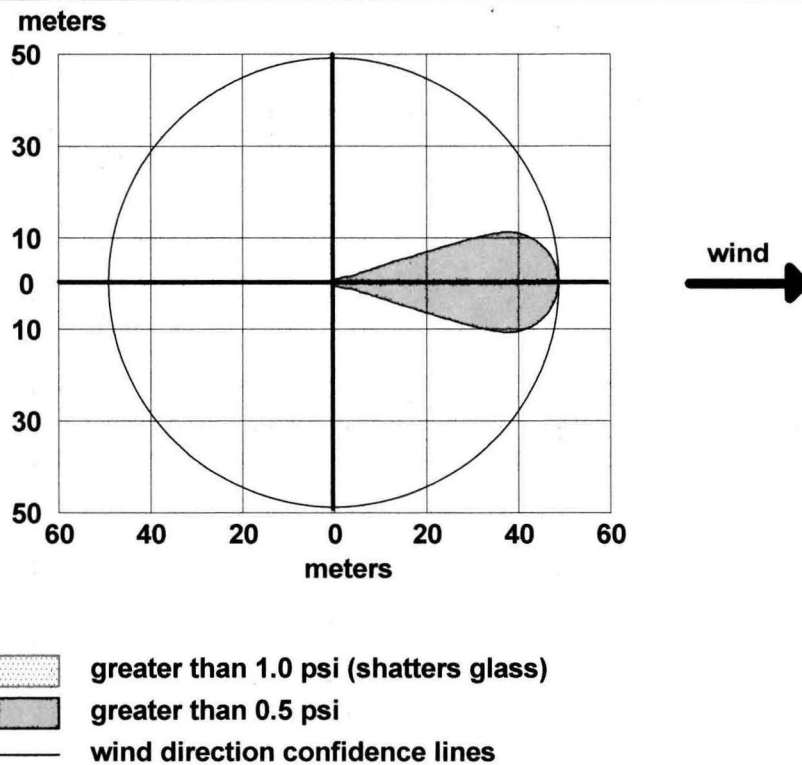
RESULTADOS DE SIMULACIÓN
ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 47% SOURCE STRENGTH: Flammable gas escaping from pipe (not burning) Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters Unbroken end of the pipe is closed off Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.283 sq in Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 36.5 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,249 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Gaussian
Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)
Yellow: 50 meters --- (0.5 psi)

GRÁFICO

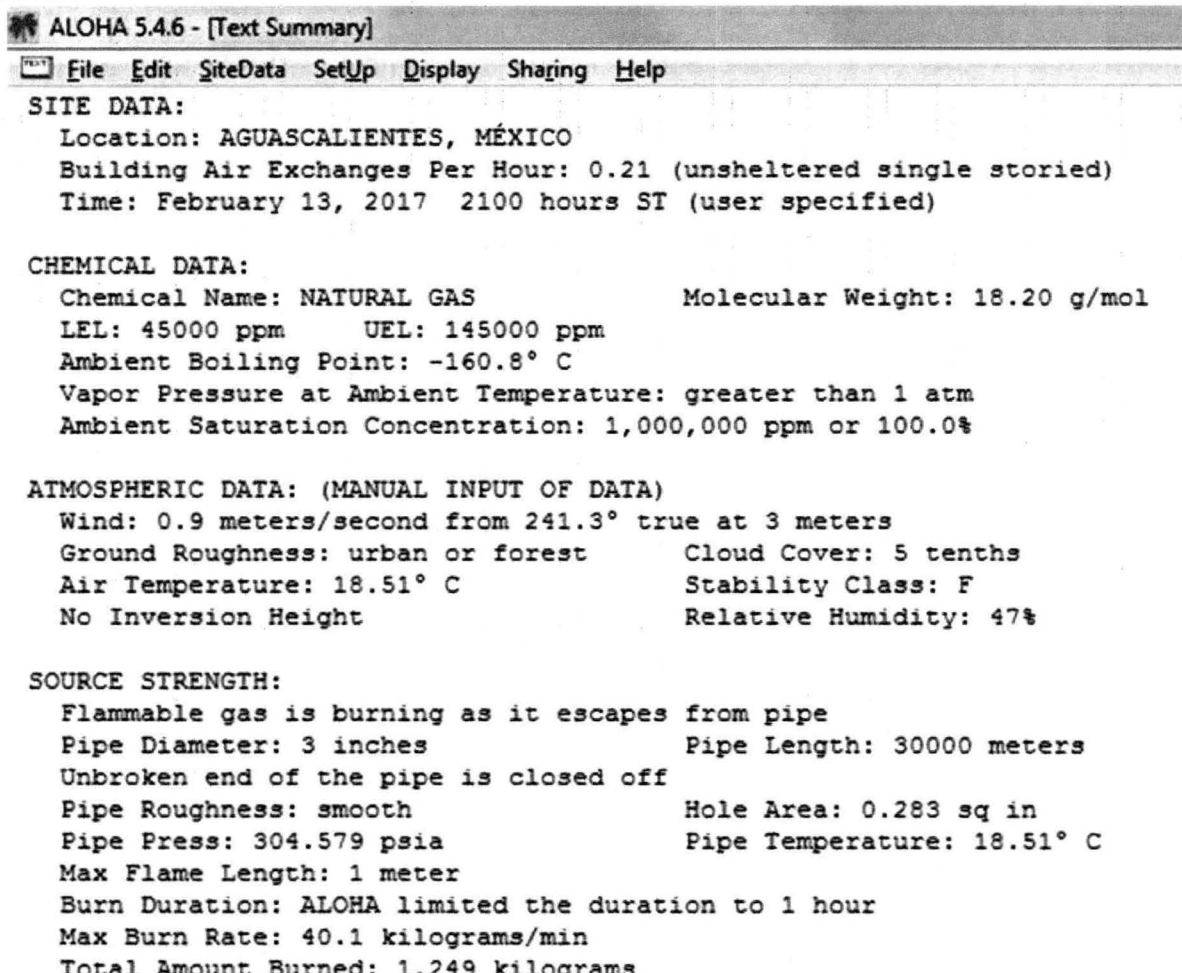


1.3. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Tabla 24. Resultados de Evento Hipotético 1.3

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración del incendio	Limitado a una hora
Velocidad de quemado máximo	40.1 Kg/min
Longitud máxima de la flama	1 m
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	7.7 m ¹
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	14 m

NOTAS Y OBSERVACIONES	
¹ Puesto que el programa no calculó el radio de la zona de riesgo por ser menor a 10 m, se procedió a utilizar la opción de calcular el riesgo en un punto fijo de distancia, dando la radiación térmica de 5 KW/m ² a un radio de 7.7 m, siendo este el radio de la zona de riesgo.	

RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
 ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 47% SOURCE STRENGTH: Flammable gas is burning as it escapes from pipe Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters Unbroken end of the pipe is closed off Pipe Roughness: smooth Hole Area: 0.283 sq in Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C Max Flame Length: 1 meter Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour Max Burn Rate: 40.1 kilograms/min Total Amount Burned: 1,249 kilograms	

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree

Yellow: 14 meters --- (1.4 kW/(sq m))

THREAT AT POINT:

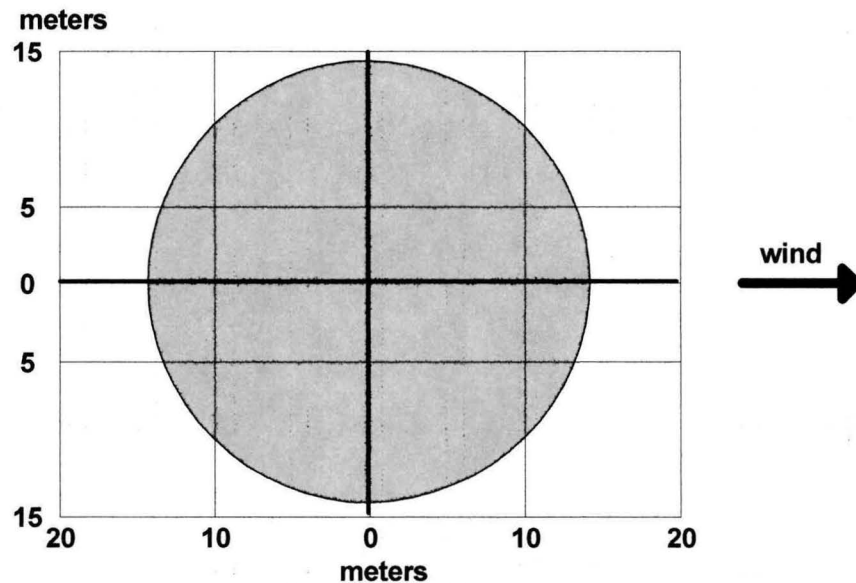
Thermal Radiation Estimates at the point:

Downwind: 7.7 meters

Off Centerline: 0 meters

Max Thermal Radiation: 5.03 kW/(sq m)

GRÁFICO



-  greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec) (not draw)
-  greater than 1.4 kW/(sq m)

Estos resultados nos indican que en caso de presentarse este evento, las áreas de riesgo y amortiguamiento estarían dentro del área del predio de la estación de servicio, a excepción de la colindancia este, la cual da a la avenida Héroe de Nacozari

EVENTO HIPOTÉTICO 2: FUGA DE GAS DE TUBERÍA DE LÍNEA DE SUMINISTRO (RUPTURA TOTAL)

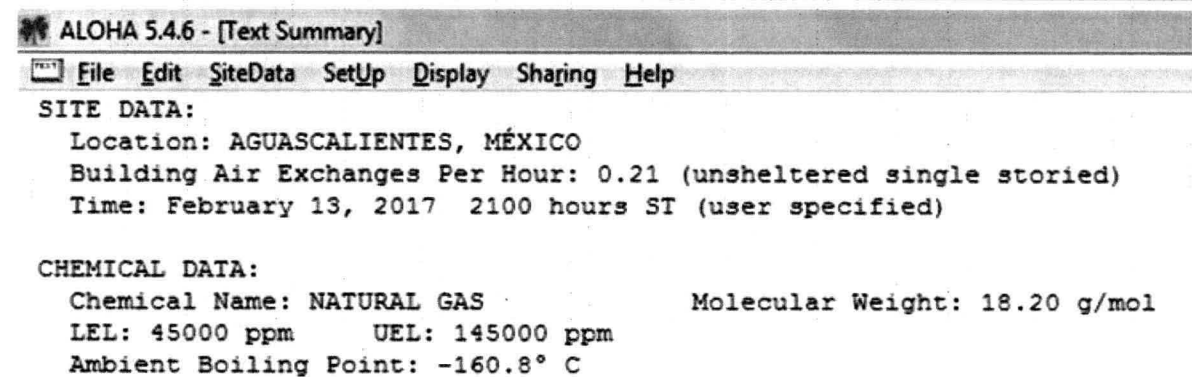
Se considera la fuga de gas natural en el tramo de la línea de distribución previo a la estación de regulación y medición (ERM) causada por una ruptura transversal de la misma, es decir la apertura es igual al diámetro interno de la tubería. Se considera igualmente la longitud de la tubería de 30,000 m para simular una fuente infinita del gas.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Tubería de gas
- **Diámetro de tubería:** 3" (Diámetro de la tubería de la línea de suministro).
- **Presión del gas:** 21 bar = 304.579 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tamaño del orificio:** Igual al diámetro de tubería (7.07 in²)

2.1. TOXICIDAD POR FUGA DE GAS NATURAL

Tabla 25. Resultados de Evento Hipotético 2.1

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	74.6 kg/min
Cantidad liberada	1,091 Kg
Radio Zona de riesgo (IDLH 5000 ppm)	175 m
Radio Zona de amortiguamiento (TLV 1000 ppm)	342 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
 ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 47%

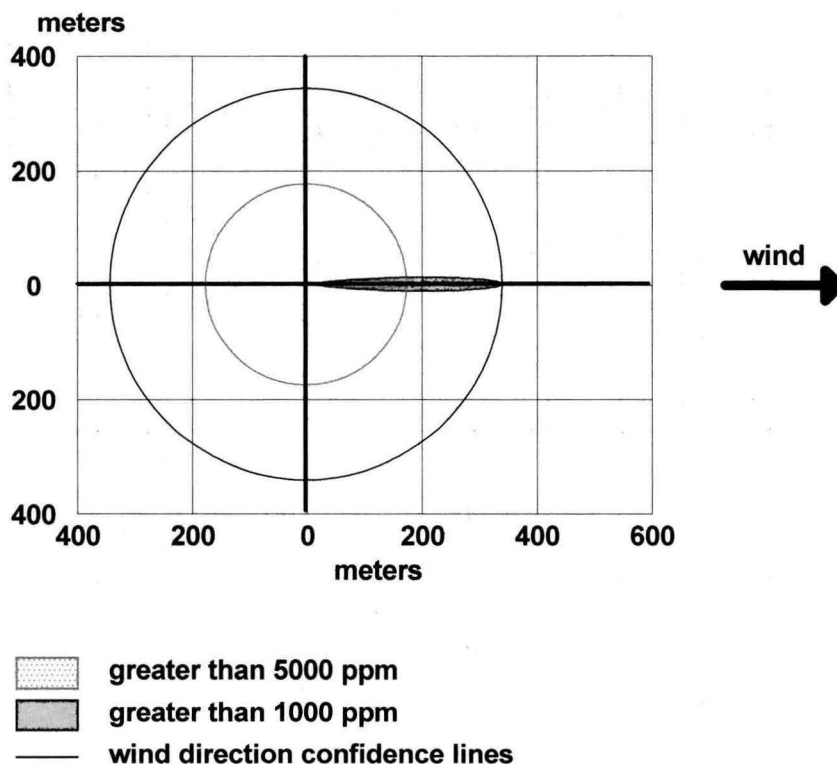
SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
Unbroken end of the pipe is closed off
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 74.6 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,091 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 175 meters --- (5000 ppm)
Yellow: 342 meters --- (1000 ppm)

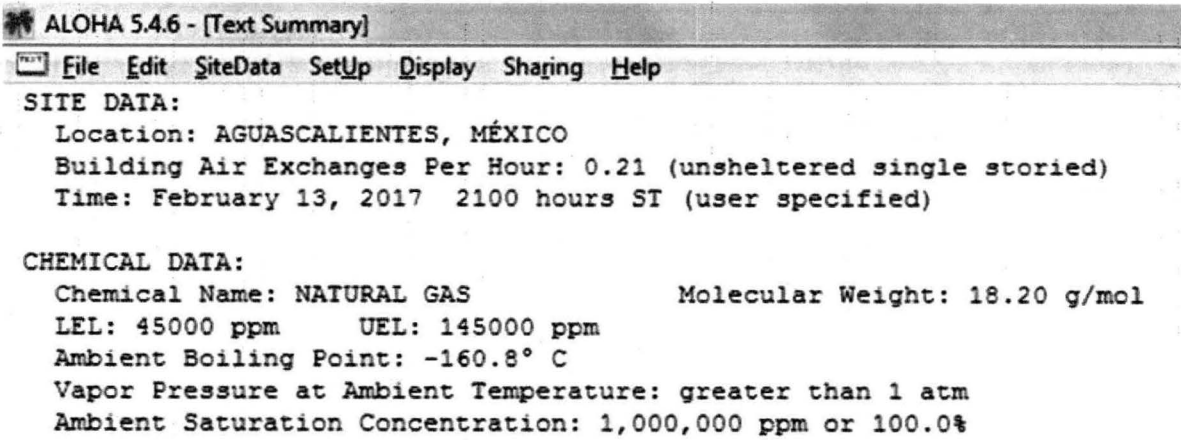
GRÁFICO



Como puede observarse, casi no hubo cambio en los resultados de los eventos de fuga para un orificio del 20% del diámetro y uno de 100% (una ruptura de la tubería), esto es principalmente debido a que por la alta presión manejada, al llegar a la salida del gas (en cualquiera de los casos), se tendrá una expansión adiabática (incremento de volumen con disminución de presión y temperatura) y el flujo del gas se asume estrangulado (choked flow) lo cual es una condición limitante donde el flujo de masa no se incrementará con una disminución adicional de la presión de salida mientras la presión en la entrada es fija.

2.2. DETERMINACIÓN DE NUBE EXPLOSIVA

Tabla 26. Resultados de Evento Hipotético 2.2

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	Limitado a una hora
Velocidad de fugado máximo promedio	74.6 kg/min
Cantidad liberada	1,091 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	71 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
¹ 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 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 71 m hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 15 m a lo ancho.	
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
 ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 47%

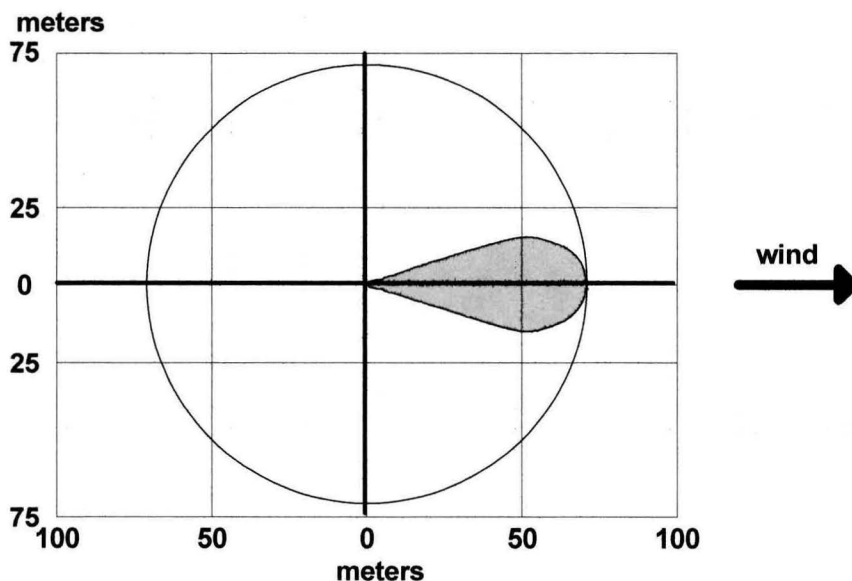
SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters
Unbroken end of the pipe is closed off
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in
Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 74.6 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,091 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Gaussian
Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)
Yellow: 71 meters --- (0.5 psi)

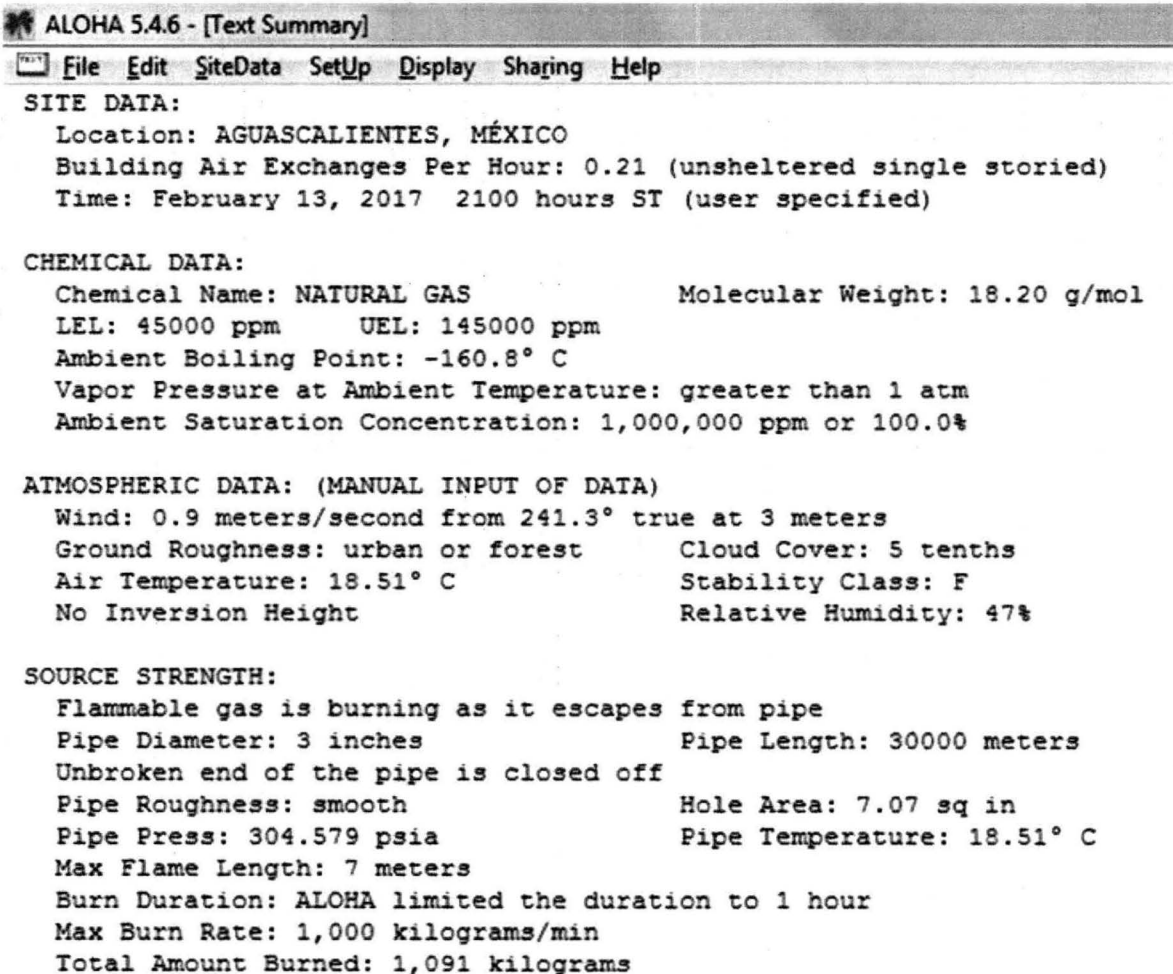
GRÁFICO



-  greater than 1.0 psi (shatters glass)
-  greater than 0.5 psi
-  wind direction confidence lines

2.3. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Tabla 27. Resultados de Evento Hipotético 2.3

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración del incendio	Limitado a una hora
Velocidad de quemado máximo	1000 Kg/min
Longitud máxima de la flama	7 m
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	18 m
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	33 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
 ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 47% SOURCE STRENGTH: Flammable gas is burning as it escapes from pipe Pipe Diameter: 3 inches Pipe Length: 30000 meters Unbroken end of the pipe is closed off Pipe Roughness: smooth Hole Area: 7.07 sq in Pipe Press: 304.579 psia Pipe Temperature: 18.51° C Max Flame Length: 7 meters Burn Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour Max Burn Rate: 1,000 kilograms/min Total Amount Burned: 1,091 kilograms	

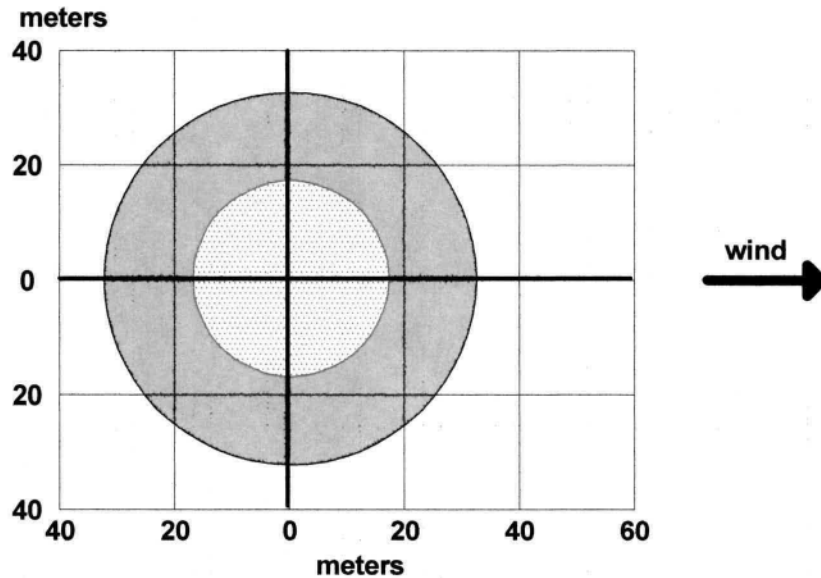
THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : 18 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 33 meters --- (1.4 kW/(sq m))

GRÁFICO



-  greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
-  greater than 1.4 kW/(sq m)

EVENTO HIPOTÉTICO 3: FUGA DE GAS DE CASCADA PULMÓN

Para este evento se considera que existe una fuga del gas natural de la línea de salida del pulmón hacia los dispensadores. Por no tratarse de un tanque de almacenamiento, sino un conjunto de cilindros, se considerará para efectos de cálculo que se trata de un solo tanque cilíndrico, y lo que se fugará será el 100% de la capacidad de la cascada pulmón, es decir, 4000 L.

Los datos que se introducen en el programa son:

- **Fuente:** Tanque de gas
- **Dimensiones del tanque:** Se utilizaron dimensiones arbitrarias para obtener la capacidad de 4000 L (diámetro 1.599m, longitud 1.992 m)
- **Contenido del tanque:** Gas
- **Presión dentro del tanque:** 250 bar = 3 625.943 psi
- **Temperatura del gas:** Desconocida, se asume ambiente
- **Tipo de apertura:** Tubería o Válvula rota
- **Diámetro de la apertura:** 6" (Diámetro de la tubería de salida de la cascada pulmón).
- **Forma de la apertura:** Circular

3.1. TOXICIDAD POR FUGA DE GAS NATURAL

Tabla 28. Resultados de Evento Hipotético 3.1

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	1 min ¹
Velocidad de fugado máximo promedio	14.4 kg/seg
Cantidad liberada	863 Kg
Radio Zona de riesgo (IDLH 5000 ppm)	432 m
Radio Zona de amortiguamiento (TLV 1000 ppm)	789 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
¹ El tiempo de 1 minuto fue calculado por el programa de acuerdo a las características del gas contenido, específicamente por la alta presión a la que se encuentra en el recipiente, lo cual causa una liberación casi instantánea del gas	

RESULTADOS DE SIMULACIÓN**ALOHA 5.4.6 - [Text Summary]** **File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help****SITE DATA:**

Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied)
Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol
LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm
Ambient Boiling Point: -160.8° 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)

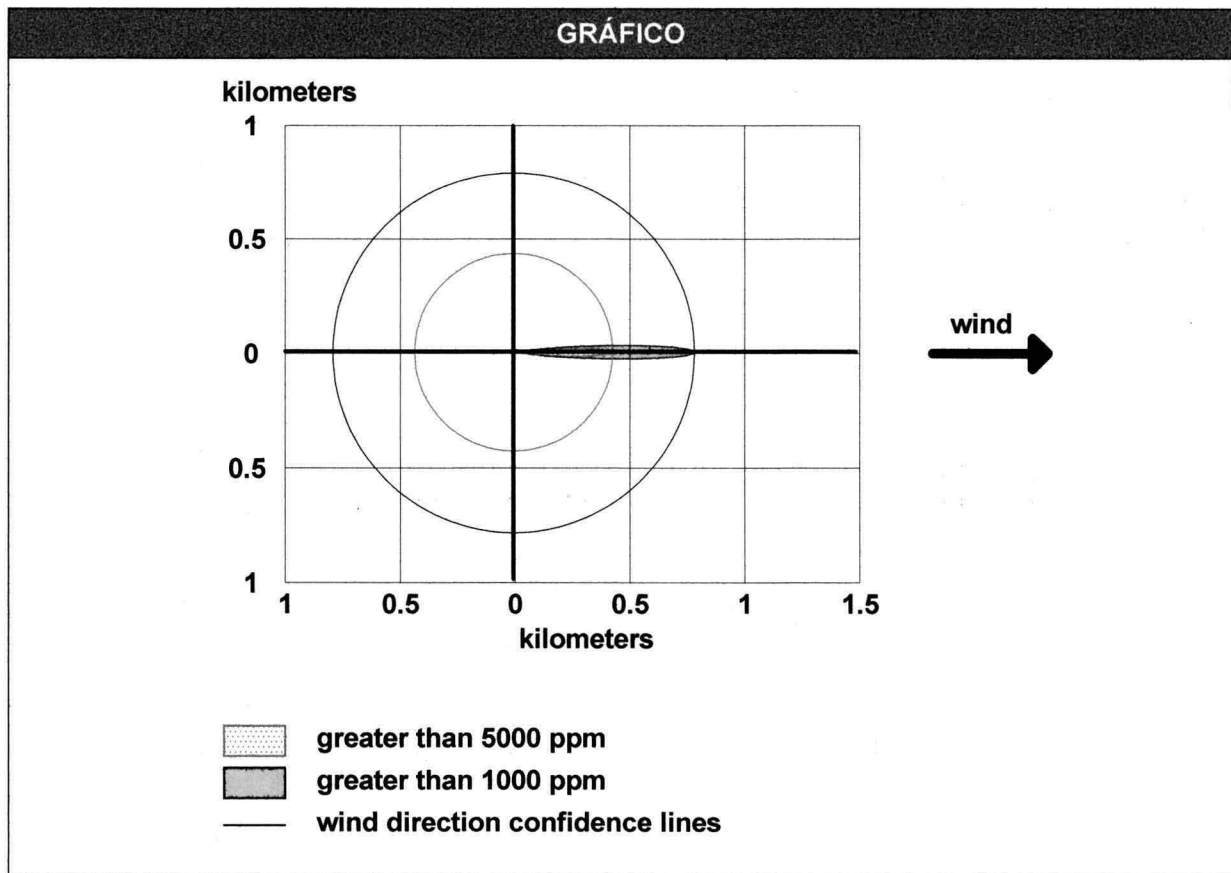
Wind: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F
No Inversion Height Relative Humidity: 47%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 1.6 meters Tank Length: 1.99 meters
Tank Volume: 4,001 liters
Tank contains gas only Internal Temperature: 18.51° C
Amount of Chemical in Tank: 1,068 cubic meters
Internal Press: 3625.943 psia
Circular Opening Diameter: 6 inches
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 14.4 kilograms/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 863 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 432 meters --- (5000 ppm)
Yellow: 789 meters --- (1000 ppm)



3.2. DETERMINACIÓN DE NUBE EXPLOSIVA

Tabla 29. Resultados de Evento Hipotético 3.2

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración de la fuga	1 min
Velocidad de fugado máximo promedio	14.4 kg/seg
Cantidad liberada	863 Kg
Distancia zona de riesgo (1 PSI)	El LOC nunca se excede ¹
Distancia zona de amortiguamiento (0.5 PSI)	253 m

NOTAS Y OBSERVACIONES	
¹ 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 1 PSI, por lo que no se puede delimitar la zona de riesgo. En cambio, para 0.5 PSI (Ruptura de vidrios, daños menores en las estructuras), el radio de la zona de amortiguamiento llega hasta 253 m hacia la dirección del viento, con una pluma de hasta aproximadamente 45 m a lo ancho	

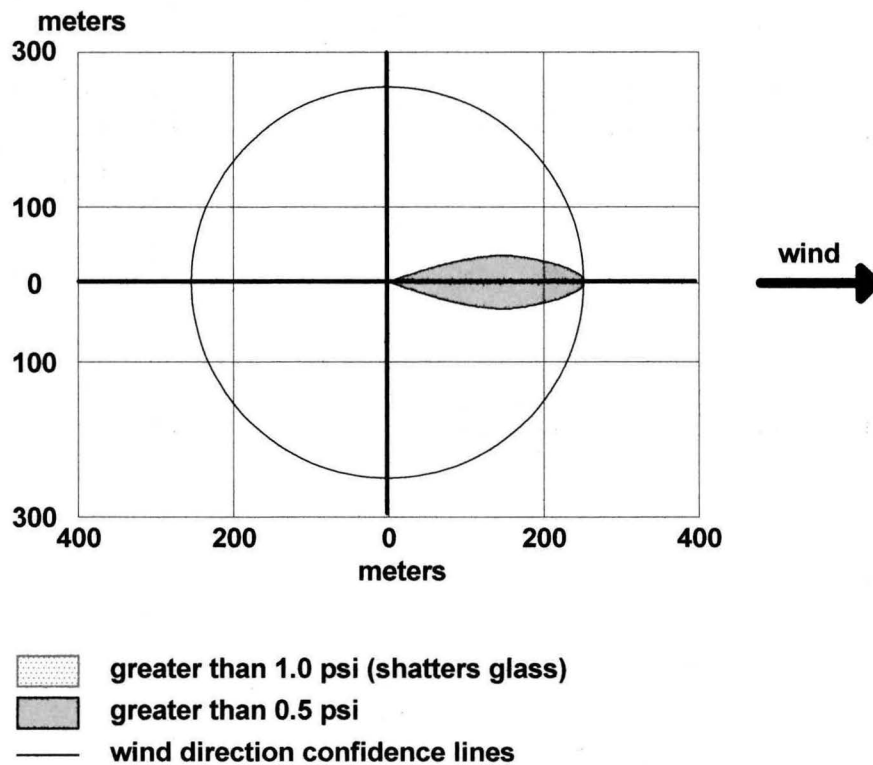
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
ALOHA 5.4.6 - [Text Summary] File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified) CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 47% SOURCE STRENGTH: Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank Flammable chemical escaping from tank (not burning) Tank Diameter: 1.6 meters Tank Length: 1.99 meters Tank Volume: 4,001 liters Tank contains gas only Internal Temperature: 18.51° C Amount of Chemical in Tank: 1,068 cubic meters Internal Press: 3625.943 psia	

Circular Opening Diameter: 6 inches
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 14.4 kilograms/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 863 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
Type of Ignition: ignited by spark or flame
Level of Congestion: uncongested
Model Run: Gaussian
Red : LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)
Yellow: 253 meters --- (0.5 psi)

GRÁFICO



3.3. RADIACIÓN TÉRMICA POR INCENDIO DE GAS NATURAL

Tabla 30. Resultados de Evento Hipotético 3.3

PARÁMETRO	RESULTADO
Duración del incendio	20 s
Velocidad de quemado máximo	539 Kg/s
Longitud máxima de la flama	29 m
Radio Zona de riesgo (5 KW/m ²)	63 m
Radio Zona de amortiguamiento (1.4 KW/m ²)	119 m
NOTAS Y OBSERVACIONES	
RESULTADOS DE SIMULACIÓN	
 ALOHA 5.4.6 - [Text Summary]	
 File  Edit  SiteData  SetUp  Display  Sharing  Help	
SITE DATA: Location: AGUASCALIENTES, MÉXICO Building Air Exchanges Per Hour: 0.21 (unsheltered single storied) Time: February 13, 2017 2100 hours ST (user specified)	
CHEMICAL DATA: Chemical Name: NATURAL GAS Molecular Weight: 18.20 g/mol LEL: 45000 ppm UEL: 145000 ppm Ambient Boiling Point: -160.8° 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: 0.9 meters/second from 241.3° true at 3 meters Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths Air Temperature: 18.51° C Stability Class: F No Inversion Height Relative Humidity: 47%	
SOURCE STRENGTH: Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank Flammable chemical is burning as it escapes from tank Tank Diameter: 1.6 meters Tank Length: 1.99 meters Tank Volume: 4,001 liters Tank contains gas only Internal Temperature: 18.51° C Amount of Chemical in Tank: 1,068 cubic meters Internal Press: 3625.943 psia Circular Opening Diameter: 6 inches Flame Length: 29 meters Burn Duration: 20 seconds Burn Rate: 539 kilograms/sec Total Amount Burned: 863 kilograms	

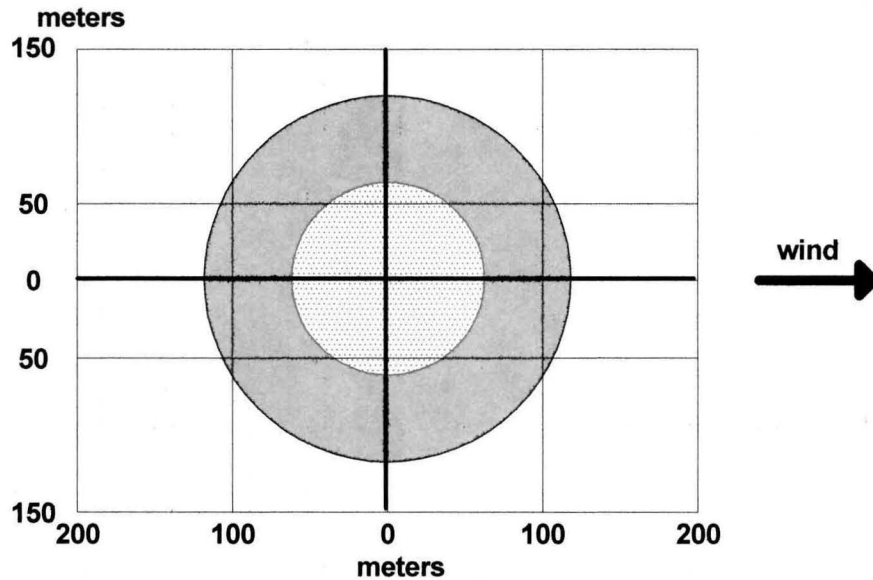
THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : 63 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 119 meters --- (1.4 kW/(sq m))

GRÁFICO



-  greater than 5.0 kW/(sq m) (2nd degree burns within 60 sec)
-  greater than 1.4 kW/(sq m)

En resumen, los radios de afectación de los eventos simulados son:

Tabla 31. Radios de afectación de eventos simulados

Evento	Fuga de tubería (orif. 20% del diámetro)	Fuga de tubería (ruptura total)	Fuga de cascada pulmón
Toxicidad	Zona de Riesgo (5000 ppm)= 140 m	Zona de Riesgo (5000 ppm)= 175 m	Zona de Riesgo (5000 ppm)= 432 m
	Z.de Amortiguamiento (1000 ppm)= 332 m	Z.de Amortiguamiento (1000 ppm)= 342 m	Z.de Amortiguamiento (1000 ppm)= 789 m
Explosión de nube de gas natural	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede	Zona de Riesgo (1 PSI)= LOC no se excede
	Z.de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 50 m	Z.de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 71 m	Z.de Amortiguamiento (0.5 PSI)= 253 m
Radiación térmica por incendio	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 7.7 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 18 m	Zona de Riesgo (5 kW/m ²)= 63 m
	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 14 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 33 m	Z. de Amortiguamiento (1.4 kW/m ²)= 119 m

II.2. INTERACCIONES DE RIESGO

En base a los resultados de los eventos simulados se pudieron estimar las consecuencias como son los daños y las afectaciones que causan la radiación térmica por incendio y/o las ondas de sobrepresión por explosión del gas en los equipos y/o instalaciones dentro de los radios de riesgo.

ESCENARIO 1. FUGA EN TUBERÍA EN ORIFICIO DEL 20% DEL DN.

En este escenario para el riesgo de toxicidad, el radio de la zona de riesgo alcanza hasta 140 m en dirección del viento, lo cual si se toma en cuenta que la dirección del viento promedio en Aguascalientes indica que el viento proviene del Suroeste a 241.3° , entonces las instalaciones afectadas sería principalmente la concesionaria de camiones Hino localizada a 60 m al este de la fuente de la fuga, y un tramo de la avenida Héroe de Nacozari, de igual forma; para la zona de amortiguamiento el radio es de 332 m, alcanzando una sección de la pensión de vehículos junto a Hino. El principal riesgo en este caso es que estos radios se la nube puede alcanzar una fuente de ignición y encenderse causando la explosión de la misma. Ambos radios están indicados en el mapa mostrado en la Figura siguiente.

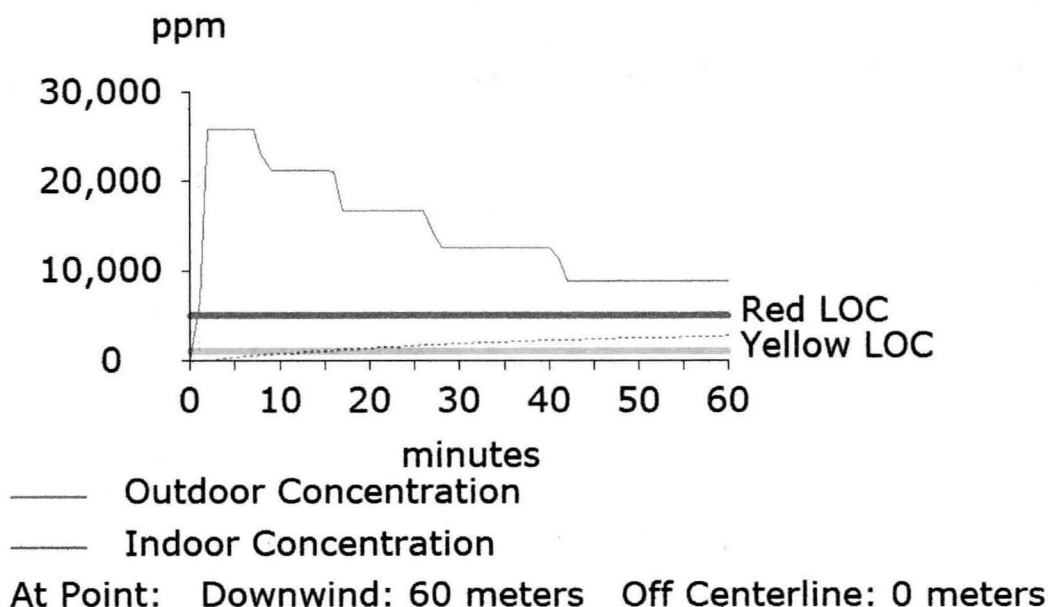
Figura 19. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 1)



Cabe señalar que las concentraciones a estos radios de afectación son para exteriores, que si se considera que en los establecimientos aledaños las personas se encuentran al interior del edificio, la concentración es drásticamente menor, incluso fuera de los límites de peligrosidad.

En la siguiente figura se muestra el gráfico de concentraciones para una distancia de 60 m en dirección del viento correspondiente a la concesionaria de camiones Hino.

Figura 20. Concentración de gas natural a 60 m de distancia en dirección al viento (Escenario 1)



THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:

Downwind: 60 meters

Off Centerline: 0 meters

Max Concentration:

Outdoor: 25,700 ppm

Indoor: 2,660 ppm

Se puede observar que si la fuga se presenta, se alcanza una concentración máxima de 25,700 ppm a los 2 minutos aproximadamente, e inicia su descenso, permaneciendo por encima el IDLH durante una hora de iniciada la fuga, la concentración de gas natural al interior del edificio siempre permanece por debajo de 1000 ppm, es decir la concentración del TLV usado, por lo que no se alcanzan concentraciones peligrosas dentro del establecimiento.

Para el caso de que ocurra la explosión de la nube de gas, el radio de la zona de riesgo no se estableció puesto que el programa determinó que no se alcanza el parámetro de 1 PSI, pero para la zona de amortiguamiento se estableció un radio de 50 m. Este radio abarca la totalidad de las instalaciones de gas de la estación por lo que en caso de suceder el principal riesgo es la posibilidad de daño a los equipos de compresión, cascada pulmón y toda la

tubería involucrada, así como la isla de dispensarios para vehículos. Puesto que para la sobrepresión de 0.5 psi se indican daños como destrucción de ventanas con daño en los marcos, se puede esperar que se afecte la integridad de las conexiones, válvulas e incluso el cuerpo de los equipos causando posibles fugas. Se espera que en caso de que suceda el evento, los dispositivos de seguridad como son las válvulas de cierre y corte se activen evitando la fuga masiva del gas del resto de la línea. Si llegara a ocurrir esto, el evento colateral más severo sería la fuga del gas a alta presión de la cascada pulmón, cuyo radio de afectación se calculó en el Escenario No. 3.

Figura 21. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 1)



Si ocurriera que el gas se incendia mientras se fuga, debido a la ubicación de la ERM, tanto los radios de la zona de riesgo (7.7 m) como el de la zona de amortiguamiento de (14 m), no se alcanza otros equipos de la estación, lo cual elimina la posibilidad de otras interacciones de riesgo.

Figura 22. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 1)



ESCENARIO 2. FUGA DE RUPTURA TOTAL DE TUBERÍA

Como pudo observarse en los resultados de la simulación, los valores de los radios de las zonas de riesgo y amortiguamiento del evento de fuga por ruptura total de la tubería antes de la ERM, son muy similares al del escenario anterior.

Si se considera que sólo ocurre la fuga, se tiene un radio de riesgo de 175 m y el radio de la zona de amortiguamiento de 342 m en dirección del viento, afectando prácticamente los mismos edificios y áreas del evento anterior.

Figura 23. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 2)



Si ocurre la explosión de la nube de gas liberado, el radio de la zona de amortiguamiento alcanza 71 m, lo cual puede afectar la integridad de los otros equipos de gas natural y provocar más fugas; tal como se indicó en el escenario 1, puede causar la fuga del gas contenido en la cascada pulmón.

Figura 24. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 2)



En caso de presentarse el incendio durante la fuga del gas, se tienen radios de 18 m para la zona de riesgo y 33 m para la zona de amortiguamiento, los cuales afectarían principalmente a los dispensarios de la estación de servicio principalmente, pudiendo causar una fuga en ellos, más sin embargo, no se tiene afectación en los otros equipos (compresores, cascada).

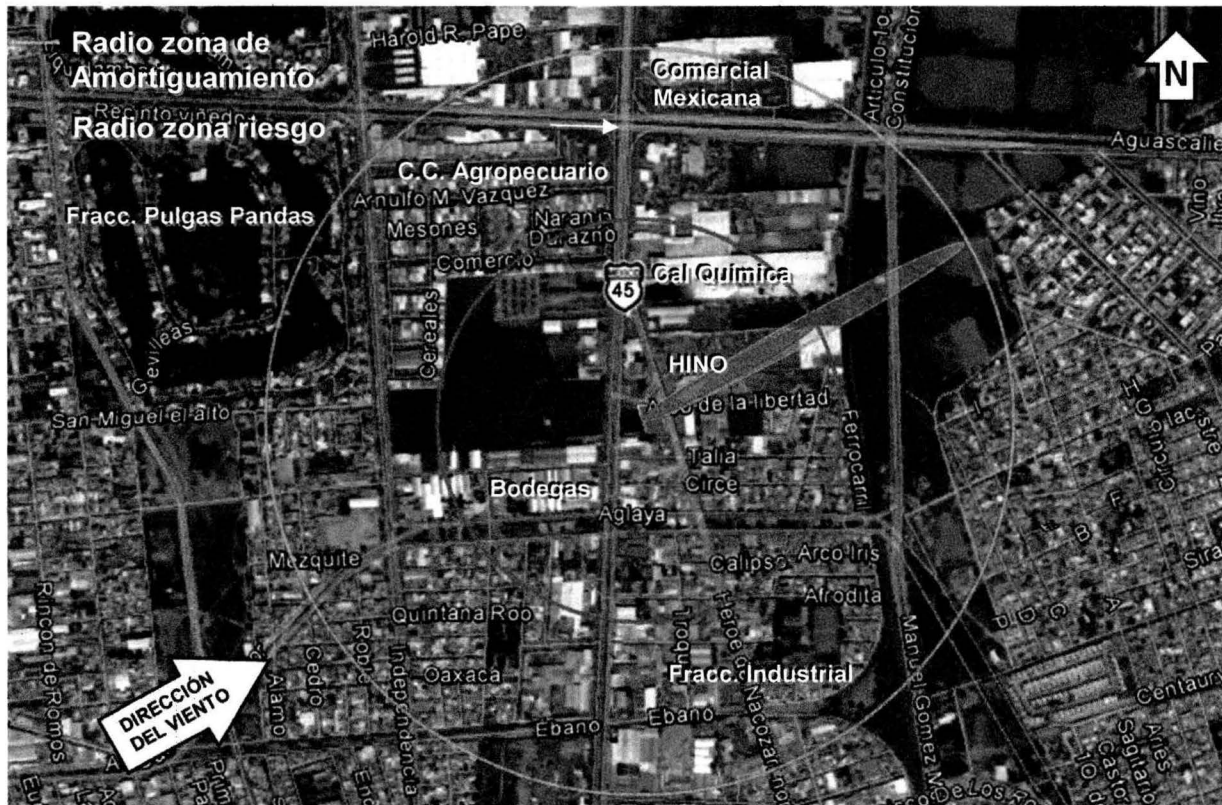
Figura 25. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 2)



ESCENARIO 3. FUGA DE CASCADA PULMÓN

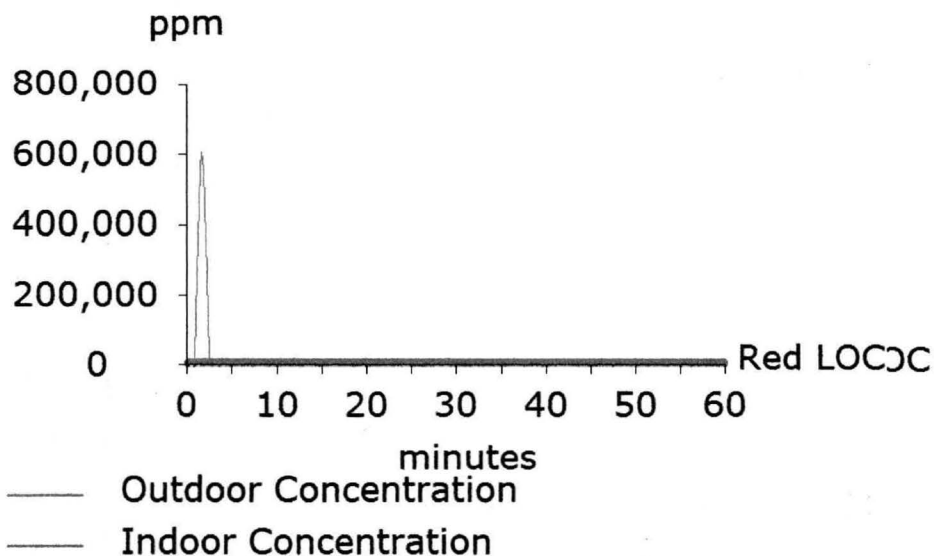
El escenario 3 considera que se fuga el gas contenido en la cascada pulmón, el cual se encuentra a muy alta presión (250 bares) y tiene una capacidad de 4000 L nominales. En caso de suceder sólo la fuga, ésta ocurre rápidamente (en un minuto aproximadamente) debido a la diferencia de presión, provocando que la nube se desplace a una gran distancia en dirección del viento, alcanzando un radio de riesgo de 432 m y 789 m para la zona de amortiguamiento, afectando en la zona de riesgo principalmente áreas industriales y comerciales tales como la empresa Cal Química Mexicana, Real de Aceros, las concesionarias de camiones Hino y de autos Chevrolet (suponiendo la dirección del viento dominante).

Figura 26. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por fuga de gas (Escenario 3)



En este escenario, la concentración de gas natural al exterior en el punto a 60 m de distancia de la fuente (Concesionaria HINO) alcanza hasta 607,000 ppm en un lapso muy breve de 1 minuto a aproximadamente a los 2 minutos de iniciada la fuga, para después de 3 disminuir por debajo del IDLH; en el caso de la concentración al interior no excede de 2100 ppm.

Figura 27. Concentración de gas natural a 60 m de distancia en dirección al viento (Escenario 3)



At Point: Downwind: 60 meters Off Centerline: 0 meters

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point:

Downwind: 60 meters

Off Centerline: 0 meters

Max Concentration:

Outdoor: 607,000 ppm

Indoor: 2,100 ppm

Si la nube de gas fugada alcanzara una fuente de ignición y se provocara su explosión, el radio de la zona de amortiguamiento da de 253 m, cuya afectación sería prácticamente las empresas, las bodegas y locales aledaños, así como una sección de la colonia al sureste de la estación.

Figura 28. Radios de zona de amortiguamiento por explosión de nube de gas (Escenario 3)



Por último, si ocurriera el incendio, de acuerdo a los resultados del programa, éste ocurriría en un tiempo muy breve (20 segundos), por lo que la afectación de los equipos dependerá de la resistencia de los mismos al calor. De acuerdo a los resultados, la zona de riesgo es de 63 m, lo cual abarca prácticamente toda la estación; si se considera que la ERM se encuentra dentro de un cuarto de ladrillo, no se espera daño a ese equipo, pero en el caso de los compresores o el secador que se encuentran justo a un lado, es posible que se tenga afectación en las conexiones de polietileno de alta densidad usado en la línea de alta presión provocando otras fugas, de igual forma puede haber daños en las mangueras de los dispensarios, por ser de material sintético. El radio de la zona de amortiguamiento se determinó en 119 m, el cual abarca los locales comerciales y la concesionaria HINO así como la avenida Héroe de Nacozari al este, los locales el norte, el Blvd. a Zacatecas al oeste y locales al sur.

Figura 29. Radios de zona de riesgo y amortiguamiento por incendio de gas (Escenario 3)



II.3. EFECTOS SOBRE EL SISTEMA AMBIENTAL

Como se mencionó en la sección I.2.1., 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

Tabla 32. 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, por que el proyecto no se encuentra ubicada cerca de lagos o ríos, (El cuerpo de agua más cercano es el río San Pedro localizado a más de 3 km al oeste.
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.

Tabla 33. Posibles afectaciones al ambiente por explosión del gas natural

MEDIO	POSIBLE AFECTACIÓN
Suelo	Posible daño por erosión, aunque el suelo ya se encuentra afectado debido a que en gran proporción se encontrará pavimentado o con construcción
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.

Tabla 34. Posibles afectaciones al ambiente por incendio de gas natural

MEDIO	POSIBLE AFECTACIÓN
Suelo	Posible degradación del suelo por erosión, 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 ₂ 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.

Tabla 35. Posibles afectaciones a asentamientos humanos

EVENTO	POSIBLE AFECTACIÓN
Toxicidad Los efectos por exposición a concentraciones elevadas de gas natural incluyen asfixia y mareos. 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 1000 ppm durante una jornada de 8 hrs; y a valores de 5000 ppm, 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. Fuente: "CDC - NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards" www.cdc.gov	
Fuga de tubería (orificio 20% del diámetro)	El radio de la zona de riesgo es de 140 m, el cual no alcanza áreas de asentamientos, sólo instalaciones comerciales e industriales como los locales y bodegas de los alrededores y la concesionaria Hino. Para la zona de amortiguamiento se llega hasta un radio de 332 m, que alcanza además de lo anterior, una porción de la colonia Las Hadas al sureste, la cual es una colonia de clase media baja, la empresa Cal Química Mexicana y Real de Aceros al noreste, otros locales y bodegas industriales, el parque canal interceptor al sur, y una porción del estacionamiento del C.C. Agropecuario. 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,

EVENTO	POSIBLE AFECTACIÓN
	la concentración es mucho menor, incluso por debajo de los límites. Ver figura 20.
Fuga de tubería (ruptura total)	El radio de la zona de riesgo es de 175 m, el cual alcanza prácticamente las mismas instalaciones que la zona de riesgo del evento anterior. Lo mismo sucede con la zona de amortiguamiento con un radio de 342 m, que alcanza las mismas zonas que el evento anterior, además de la parte norte del Fracc. Industrial al sur de la Av. Canal Interceptor.
Fuga de cascada pulmón	El radio de la zona de riesgo es de 432 m, el cual alcanza áreas de asentamientos como es la colonia las Hadas casi en su totalidad, la empresa Cal Química Mexicana, Real de Aceros y una parte de la concesionaria Chevrolet al norte, el estacionamiento del C.C. Agropecuario al noroeste, bodegas y locales en ambos lados de la Av. Canal Interceptor, y la parte norte del Fracc. Industrial Las Hadas al sur. La zona de amortiguamiento alcanza hasta 789 m, alcanzando además de lo anterior, el centro comercial Agropecuario, la tienda Comercial Mexicana, Costco, las concesionarias Chevrolet, Toyota, Mazda, Nissan, y Renault al norte; una sección del Fracc. Residencial Pulgas Pandas sur y el Fracc. Villas del Vergel al oeste; la Col. El Plateado y el Roble al suroeste, y el Fracc. Industrial Las Hadas al sur. 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; la concentración al interior alcanza un máximo de 2100 ppm sólo un poco por encima del valor límite de la zona de amortiguamiento (Ver Figura 27)
Explosión de nube de gas	
A valores de 1 psi la consecuencia es la demolición parcial de casas que quedan inhabitables, y a 0.5 psi es la destrucción de ventanas con daño en los marcos. Entre los efectos posibles a las personas que se encuentren dentro de estos radios está la aturdimiento, acufenos o daños auditivos.	
Fuga de tubería (orificio 20% del diámetro)	El valor de sobrepresión de la zona de riesgo en este caso no se alcanza, por lo que no se estableció un radio; para la zona de amortiguamiento el radio de afectación es de 50 m, el cual abarca sólo las instalaciones de la estación, el un tramo de la avenida al norte y al este.
Fuga de tubería (ruptura total)	Igual que en el caso anterior, el valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza, por lo que no se estableció un radio; para la zona de amortiguamiento el radio de afectación es de 71 m, alcanzando además de las áreas del evento anterior, los locales al oeste, la concesionaria HINO y una parte del local al norte.

EVENTO	POSIBLE AFECTACIÓN
Fuga de cascada pulmón	El valor de sobrepresión de la zona de riesgo no se alcanza. El radio de la zona de amortiguamiento es de 253 m, alcanzando prácticamente las instalaciones indicadas en el evento anterior, así como los locales comerciales de alrededor del predio, una porción de la colonia Las Hadas al sureste, la empresa Real de Aceros al noreste, el parque canal interceptor al sur.
Incendio (Radiación Térmica) El valor límite para la zona de riesgo se establece en 5 KW/m² , 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 1.4 KW/m² , el cual es un valor soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado. Fuente: CASAL J., MONTIEL H., PLANAS E. y VILCHEZ J.A., Análisis del Riesgo en instalaciones industriales; Ediciones UPC, 1999	
Fuga de tubería (orificio 20% del diámetro)	La zona de riesgo queda dentro de un radio de 7.7 m, el cual queda en la zona de tránsito de la estación, sin alcanzar ningún equipo de la estación. El radio de amortiguamiento alcanza 14 m, y queda en su mayoría dentro de la estación de servicio y llegando hasta la banqueta de la avenida al norte, pudiendo afectar brevemente a las personas que llegaran a transitar al momento del evento.
Fuga de tubería (ruptura total)	Se tiene un radio de 18 m para la zona de riesgo, la cual por la ubicación de la ERM no afecta otros equipos de gas natural pero no se espera que se encuentren personas a excepción de la banqueta de la avenida; la zona de amortiguamiento tiene un radio de 33 m afectando principalmente a las personas que se encuentren al interior de la estación en los dispensarios, y las orillas del área de los equipos de compresión, así como las personas que transiten en la Av. Héroe de Nacozari.
Fuga de cascada pulmón	De acuerdo a los resultados, la zona de riesgo es de 63 m, lo cual abarca prácticamente toda la estación pudiendo afectar a las personas que se encuentren en la misma al momento, así como aquellas que transiten en el tramo de las avenidas alrededor de la estación. El radio de la zona de amortiguamiento se determinó en 119 m, el cual abarca toda la estación, los locales al este, la concesionaria Hino al noroeste, los locales y bodegas al norte y al sur.

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

III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

A continuación se enlistan las recomendaciones resultantes del análisis realizado al proyecto.

- Al término de la instalación de las líneas y equipos de la estación, realizar las pruebas de hermeticidad y no destructivas para verificar el buen acabado de ésta.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo en todos y cada uno de los elementos que conforman la estación de gas natural, mismo que asegure el correcto funcionamiento de este, así como reducir al mínimo la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de un incidente. Incluir dentro del programa el mantenimiento de las trincheras donde se encuentran tramos de tubería enterrados.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las válvulas de corte, elementos de regulación y válvulas de seguridad.
- Realizar monitoreos frecuentes a los equipos y líneas para verificar la no existencia de fugas
- Contar con personal capacitado y adiestrado para combatir las fugas de gas natural.
- Mantener los extintores en buen estado realizando el mantenimiento preventivo en tiempo y forma.
- Verificar periódicamente el estado de las tierras físicas de los equipos.
- Establecer la prohibición de fumar y generar fuego dentro de la estación de servicio.
- Elaborar y poner en práctica un programa de simulacros para asegurar que el tiempo de respuesta ante una emergencia sea acorde a lo planeado.

III.1.1. Sistemas de Seguridad

La estación de regulación y medición 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.

Existen botones de paro de emergencia, en cada unidad de despacho, equipos de compresión, secadores, cuarto de tableros, oficinas y otros puntos, los cuales al ser activados, desenergizan totalmente los sistemas de compresión, 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.

Además cada equipo de compresión, en cada etapa y tanques de recuperación, así como en la cascada de almacenamiento y el panel de prioridad, cuenta con válvulas de seguridad o de relevo de presión calibradas 1.2 veces la presión de operación, para los surtidores se tienen manómetros para indicar la presión de llenado, el cual indica la presión de llenado del vehículo, a su vez estos equipos también cuentan con válvulas de seguridad que se disparan al rebasar la presión de ajuste para el llenado del cilindro del automóvil, así también en la descarga de los compresores hacia surtidores se cuenta con válvulas que operan por exceso de flujo, es decir, cuando se detecta que no existe una oposición al flujo del gas, este elemento se cierra automáticamente, bloqueando totalmente el flujo de gas, a una presión menor que la que soporta la tubería en la que se encuentran instaladas.

En las cabinas de los compresores se cuenta con detectores de mezclas explosivas que son monitoreadas por el PLC y le permiten tomar decisiones como emitir desde una alarma cuando hay presencia de gas en el entorno, hasta dejar fuera de servicio el equipo de compresión al detectar una mezcla explosiva de alto riesgo. Los valores para alarma y disparo son del 9.4% LEL y 56.6% LEL, respectivamente, equivalente al 0.5% y 3% en volumen de gas natural como lo marca la NOM-010-SECRE-2010

Además cada surtidor se contará válvulas de exceso de flujo, elementos que determinan un exceso de flujo que suspenden el llenado, como puede ser por alguna manguera fracturada, dispositivos de seguridad en la manguera contra el jaloneo de la misma, que permiten desacoplar la manguera del surtidor, como válvulas breakaway; y botones de paro de emergencia.

Como medio de atención a emergencias se tendrán extintores, 11 de polvo químico seco y 2 de CO₂. Su ubicación se muestra en la tabla no. 9; 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. En el área de oficinas se tendrán también detectores de humo

III.1.2. Medidas Preventivas

Instalaciones Generales

- Se aplicará el procedimiento de limpieza general para las instalaciones. En general, se trata de evitar la existencia de basura.
- Todas las instalaciones de la estación de servicio estarán incluidas en un programa de mantenimiento preventivo en donde se realizan revisiones y realizan las reparaciones necesarias.
- Evitar la obstrucción (aunque sea temporal) de todas las salidas de emergencia o rutas de evacuación, así como de los lugares donde se ubiquen los extintores.

Prevención de incendios:

Las medidas preventivas y recomendaciones que se seguirán para evitar incendios tanto en las instalaciones del proyecto se listan a continuación.

- Se evitará la sobresaturación de contactos y centros de carga.
- Se tendrá estrictamente prohibido fumar dentro de las instalaciones de la estación.
- Se mantendrá el orden y limpieza en cada una de las áreas
- Se evitará el uso de instalaciones eléctricas en mal estado o de carácter provisional.
- Los equipos contra incendios serán revisados periódicamente, realizándose los mantenimientos necesarios.

En caso de presentarse una fuga de gas el personal tiene las siguientes indicaciones:

- La persona que detecte una fuga, dará aviso a personal de mantenimiento y a la brigada de emergencia, y eliminará cualquier posible fuente de ignición en el área.
- El personal capacitado acudirá al área de la fuga usando el equipo de protección personal requerido e intentará detenerla ya sea taponeando la tubería o cerrando una llave de paso anterior; al tiempo que realiza esto, el resto de la brigada estará al pendiente de cualquier posible fuente de riesgo y mantendrá al resto del personal alejado y ventilará el área.

- Si no se puede eliminar el riesgo, se deberá activar el plan de emergencia y evacuar al personal de las zonas de riesgo. Así mismo se notificará a las instalaciones aledañas dentro de la zona de riesgo para que tomen sus previsiones.
- Una vez controlada la fuga, el personal de mantenimiento procederá a realizar las reparaciones que sean necesarias para eliminar la fuente fuga.

Para el caso de un incendio, el personal actuará de la siguiente forma:

- La persona que detecte el fuego pequeño dará aviso a la brigada de emergencia, e intentará combatirlo usando un extintor sin correr riesgo. Si esto fue suficiente, verificará que el fuego haya sido controlado y que no exista el riesgo de que reinicie.
- Si el fuego no puede ser controlado con los medio de la empresa, el responsable de la estación activará el plan de emergencia y solicitará la presencia de unidades de apoyo externo dependiendo del grado del riesgo.
- Se deberá evacuar al personal no requerido de las áreas dentro de la zona de riesgo del incendio.
- Al término de la emergencia, se deberá realizar una evaluación de los daños, así como una investigación para determinar la causa del incidente.

Sismos y terremotos

El área donde se localiza el proyecto se encuentra en una zona de riesgo intermedio, por lo que la ocurrencia de un sismo no es muy probable, pero posible, por lo que en caso de presentarse uno, se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- Conservar la calma y permanecer en su lugar a menos que éste no ofrezca la seguridad necesaria, alejándose de objetos que puedan caer o desplazarse, así como de ventanas y espejos, y áreas calientes o energizadas.
- De ser posible, buscar refugio debajo de escritorios o mesas, manteniéndose con la cabeza sobre las rodillas y situarse debajo de los marcos de puertas o debajo de columnas.
- Si el área no ofrece seguridad, evacuar manteniendo la calma y utilizando las rutas de evacuación señalizadas.
- Posterior al sismo, se deberá realizar un recorrido por las instalaciones para detectar daños a las mismas, especialmente para detectar fugas de gas natural.

- Una vez que se haya verificado que se cumplan todas las condiciones de seguridad, se podrá indicar el regreso de los trabajadores a sus actividades.

Restricción de entrada

Por el tipo de instalación, no hay restricción para el acceso a la estación de servicio, sólo los equipos críticos se encontrarán protegidos en un recinto resguardado con malla metálica y con acceso restringido a personal autorizado.

En lo que se refiere a la estación de regulación y medición, ésta se localizará dentro de un cuarto de material de construcción y bajo llave.

Medidas de protección en general (instalaciones)

- Se contará con Procedimientos de seguridad para el manejo de gas natural, incluyendo las hojas de seguridad y procedimientos para atención de fugas y/o derrames.
- Se colocarán de señalamientos de seguridad: rombos de seguridad, extintores, rutas de evacuación, botiquín, salidas de emergencia, uso de equipo de protección personal, prohibición de fumar dentro de la planta, velocidad máxima de tránsito, etc.
- Disposición de residuos sólidos domésticos en bote de 200 litros con tapa y bolsa de plástico. Dichos residuos serán recogidos por un prestador de servicios autorizado.
- Limpieza de equipos e instalaciones.

Instalaciones de atención médica y equipo de primeros auxilios

- La estación no contará con servicio médico, pero se contará con botiquín de primeros auxilios en la oficina, el cual contarán con material de curación tales como vendas, gasas, tijeras, cinta adhesiva, algodón, antisépticos.

IV. RESUMEN

IV.1. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL

El uso de gas natural se considera una actividad riesgosa, sin embargo, es uno de los combustibles más seguros, amistosos al medio ambiente y económicamente viables.

NatGas Querétaro, S.A.P.I. de C.V. consciente de esto, está desarrollando el proyecto de construcción de la estación de servicio para el abastecimiento de gas natural vehicular, aplicando los métodos de ingeniería y normas aplicables en la materia.

El riesgo existente por la conducción y despacho de gas natural es evidente, mismo que es controlable. Dentro de este aspecto, se ha establecido una serie de controles para maximizar los niveles de seguridad en la operación de la estación de servicio, desde la estación de regulación y medición, hasta los dispensarios.

De acuerdo a los resultados analizados en el presente estudio, existe probabilidad de que suceda un escenario de riesgo, más sin embargo la probabilidad de que se presente algún evento con consecuencias ambientales importantes, es baja actualmente. Considerando las condiciones de operación, diseño y construcción de las instalaciones, no se podrán descartar la falla del factor humano, por lo que la empresa dentro de sus políticas y filosofía de operación así como por la experiencia, deberá seguir estrictos programas de capacitación al personal, tanto en la operación de las instalaciones como en las medidas de seguridad aplicables.

La afectación al medio ambiente derivada de la operación de la estación de servicio es irrelevante durante la operación normal y en la ocurrencia de un evento que involucre un escape de gas y su subsecuente incendio y/o explosión se limitan a la generación de gases de combustión y afectación a la vegetación de ornato de la estación y avenida.

Cabe señalar que los eventos simulados están estimados para ciertas condiciones específicas, tales como condiciones atmosféricas muy estables, o, en el caso de las fugas, un tamaño de la apertura de tubería, las cuales pueden cambiar y modificar la posible área de riesgo; además, muchos estos están sobreestimados, por lo que los resultados no se deben considerar como valores constantes sino como una guía para darse cuenta el nivel de afectación que se podrá tener en caso de que estos eventos sucedan y para implementar medidas de prevención.

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

III.1. RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

A continuación se enlistan las recomendaciones resultantes del análisis realizado al proyecto.

- Al término de la instalación de las líneas y equipos de la estación, realizar las pruebas de hermeticidad y no destructivas para verificar el buen acabado de ésta.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo en todos y cada uno de los elementos que conforman la estación de gas natural, mismo que asegure el correcto funcionamiento de este, así como reducir al mínimo la probabilidad de ocurrencia como la gravedad de un incidente. Incluir dentro del programa el mantenimiento de las trincheras donde se encuentran tramos de tubería enterrados.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las válvulas de corte, elementos de regulación y válvulas de seguridad.
- Realizar monitoreos frecuentes a los equipos y líneas para verificar la no existencia de fugas
- Contar con personal capacitado y adiestrado para combatir las fugas de gas natural.
- Mantener los extintores en buen estado realizando el mantenimiento preventivo en tiempo y forma.
- Verificar periódicamente el estado de las tierras físicas de los equipos.
- Establecer la prohibición de fumar y generar fuego dentro de la estación de servicio.
- Elaborar y poner en práctica un programa de simulacros para asegurar que el tiempo de respuesta ante una emergencia sea acorde a lo planeado.

III.1.1. Sistemas de Seguridad

La estación de regulación y medición 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.

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

V.1. FORMATOS DE PRESENTACIÓN

De acuerdo al trámite SEMARNAT-04-002B, Recepción, evaluación y resolución de la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad Particular; Modalidad B: Incluye Actividad Altamente Riesgosa, se debe incluir el estudio de riesgo ambiental, para el cual, por tratarse de proyecto nuevo nuevos que no se encuentren en operación se utilizó la Guía para la presentación del Estudio de Riesgo modalidad Análisis de Riesgo.

V.1.1. Planos de Localización

En la sección de Anexo Técnico se presentan los planos (General, arquitectónicos)

V.1.2. 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.

V.1.3. Videos

El presente apartado no considera anexar un vídeo grabación del sitio

V.2. OTROS ANEXOS

En el Anexo Legal del presente estudio se adjunta toda la documentación legal de la empresa

VI. 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
- 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